



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JOONAS AALTONEN
MATKUSTAJANÄKÖKULMA RAUTATIELIIKENTEEEN TÄSMÄLLI-
SYYDEN ARVIOINNISSA

Diplomityö

Tarkastaja: apulaisprofessori Heikki
Liimatainen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talou-
den ja rakentamisen tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 8. kesäkuuta
2016

TIIVISTELMÄ

JOONAS AALTONEN: "Matkustajanäkökulma rautatieliikenteen täsmällisyyden arvioinnissa"

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 84 sivua, 10 liitesivua

Heinäkuu 2016

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: apulaisprofessori Heikki Liimatainen

Avainsanat: matkustajatäsmällisyys, matkustajatytyväisyys, kaukoliikenne, Helsingin seudun lähiliikenne, määräasema

Suomessa rautatieliikenteen täsmällisyyden seuranta perustuu yksinomaan junien aikataulunmukaisen kulun mittaamiseen. Junien aikataulunmukaisen kulun seuranta on yksinkertainen tapa mitata täsmällisyyttä ja se on käytössä pääasiallisena täsmällisyyden mittaamenetelmänä myös muissa Euroopan maissa. Mittarit ovat tosin harvoin vertailukelpoisia keskenään, sillä mittaamiskäytännöt ja myöhästymisten raja-arvot vaihtelevat maakohtaisesti. Yhteistä useimmille mittareille on kuitenkin se, etteivät ne huomioi täsmällisyyden mittaamisessa matkustajia, vaikka yhtälailla matkustajien avulla mitattu täsmällisyys kuvaa rautatieliikenteen laatua.

Tässä diplomityössä on tarkoituksena tuoda perinteisen junien kulun täsmällisyyden seurannan rinnalle myös matkustajanäkökulman huomioiva ulottuvuus. Työn tavoitteena on Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoa ja Liikenneviraston rataraportoinnin junien kulkutietoja yhdistämällä luoda kuva matkustajien täsmällisyydestä Helsingin seudun lähiliikenteessä. Matkustajien täsmällisyydellä kuvataan asemilla aikataulussa poistuvien matkustajien osuutta kaikista poistuvista matkustajista. Matkustajien täsmällisyyttä tarkastellaan eri vuoden- ja vuorokaudenaikoina niin asema-, linja- kuin rataosakohtaisesti. Tavoitteena on myös mahdollisuuksien mukaan verrata matkustajien täsmällisyyttä junien kulun täsmällisyyteen. Lisäksi työssä hyödynnetään kirjallisuuslähteitä selvittämään, miten muissa maissa matkustajanäkökulma on otettu huomioon rautatieliikenteessä.

Diplomityön tulokset puoltavat myös osaltaan näkemystä siitä, että matkustajien täsmällisyyttä tulisi tarkastella erillisenä osana rautatieliikenteen täsmällisyyden seurannassa. Helsingin seudun lähiliikenteessä matkustajien täsmällisyys määräasemilla on arkipäivinä ollut lähes poikkeuksetta junien täsmällisyyttä heikompi. Myös linjakohtaisesti tarkasteltuna matkustajien täsmällisyys määräasemilla on useimmiten jäänyt alle junien kulun täsmällisyyden. Matkustajien säännönmukaisesti heikompi täsmällisyys suhteessa junien täsmällisyyteen kielii siitä, että myöhästymiset ovat kohdistuneet ennen kaikkea kuormitetuimpiin junavuoroihin.

Työn tulosten mukaan matkustajatäsmällisyys on heikoimmillaan juuri ruuhka-aikoina. Matkustajamäärien painottumisen vaikutus matkustajatäsmällisyyteen näkyy myös täsmällisyyden heikentymisenä siirryttäessä väliasemilta kohti määräasemia. Ennen kaikkea Helsingin suuntaan kulkevilla junavuoroilla matkustajatäsmällisyys on ollut heikompi suhteessa Helsingistä lähteviin junavuoroihin.

ABSTRACT

JOONAS AALTONEN: “Passenger perspective in estimating railway punctuality“

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 84 pages, 10 Appendix pages

July 2016

Master’s Degree Programme in Civil Engineering

Major: Traffic and Transport Systems

Examiner: assistant professor Heikki Liimatainen

Keywords: passenger punctuality, passenger satisfaction, long-distance train traffic, Helsinki region commuter train services, terminating station

In Finland monitoring of railway punctuality is exclusively based on measuring the punctuality of trains. Tracking how accurately trains run on time is a simple way of measuring punctuality and it is the primary method also in other European countries. These indicators are rarely comparable with each other due to the fact that measuring policies and delay thresholds vary depending on country. What most of these indicators have in common is that they do not take the passengers into account in measuring punctuality, even though similarly punctuality measured based on passengers describes the quality of railway traffic.

The purpose of this Master’s thesis is to introduce an alternative dimension that takes the passengers into account. The goal of this Master’s thesis is to visualize passengers’ punctuality in Helsinki region commuter train services by combining information of number of passengers and train punctuality. Passengers’ punctuality is measured by monitoring the percentage of passengers arriving on time at the stations. Passenger punctuality is examined in time of year and day and also depending on station, line and track. The goal is also to compare passenger punctuality and train punctuality. Also sources of literature are utilized to figure out how passenger perspective in railway punctuality is taken into account in other countries.

The results support the idea that passenger punctuality should be examined as a separate part in monitoring railway punctuality. The punctuality of passengers in the terminating stations of Helsinki region commuter train services on weekdays has been almost invariably lower than the punctuality of trains. In addition the results are similar when evaluating railway lines individually. The lower punctuality of passengers indicates that the delays occur especially during the most crowded train shifts.

According to the results of this thesis, passenger punctuality is at its lowest during the rush hours. The effect of passenger flows on passenger punctuality can also be seen when punctuality decreases while traveling from smaller stations to terminating stations. Especially the punctuality of trains traveling to Helsinki have a worse passenger punctuality than trains embarking from Helsinki.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty osana Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan koulutusohjelman diplomi-insinöörin tutkintoa. Työn on tilannut ja rahoittanut Liikennevirasto ja työ on tehty harjoittelijasuhteessa Liikenneviraston Rataverkon käyttö-yksikköön.

Haluan ensisijaisesti kiittää Liikenneviraston Rataverkon käyttö-yksikön päällikkö Jukka Ronnia diplomityön mahdollistamisesta. Haluan kiittää Jukkaa diplomityöpaikan järjestämisestä, työn aiheen ideoinnista, moitteettomasta ja asiantuntevasta ohjauksesta sekä innostavan ilmapiriin luomisesta ja ylläpitämisestä koko diplomityöprosessin aikana.

Haluan kiittää myös muita työn kanssa sidoksissa olleita henkilöitä. Kiitos HSL:n liikennetutkija Noora Tervahaudalle matkustajamääräaineiston jakamisesta, Liikenneviraston liikenneasiantuntija Harri Lahelmalle ajatusten vaihdosta sekä HSL:n joukkoliikennesuunnittelija Olli Ahdille että Joukkoliikenteen palvelut- ja Rataverkon käyttö-yksiköille työn tulosten kommentoinnista. Kiitokset myös Jorma Mäntyselle ja Tampereen teknillisen yliopiston apulaisprofessori Heikki Liimataiselle omien näkökulmiensa esille tuomisesta ja diplomityön käytännön asioissa ohjaamisesta.

Lopuksi ehkä se kaikkein suurin kiitos kotijoukoilleni. Kiitos vanhemmilleni opiskelujeni henkisestä ja ennen kaikkea taloudellisesta tukemisesta. Kiitos kavereilleni, jotka ovat tarjonneet säännöllisiä ja virkistäviä irtiottoja työn teosta. Ja erityisesti kiitos sinulle, Rebecca, työn aikaisen hellittämättömän tsemppauksen tarjoamisesta.

Tampereella, 30.6.2016

Joonas Aaltonen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	2
1.3	Tutkimuksen rakenne	3
1.4	Tutkimusaineisto ja -menetelmät	5
2.	TÄSMÄLLISYYYS SUOMEN RAUTATIELIIKENTEESSÄ	7
2.1	Täsmällisyyden määritelmä ja tavoitteet henkilöliikenteessä	7
2.2	Täsmällisyyteen vaikuttavat tekijät	8
2.2.1	Infrastruktuuri ja radanpito	9
2.2.2	Liikennöitsijät	10
2.2.3	Liikenteenohjaus	11
2.2.4	Aikataulusuunnittelu ja ratakapasiteetin käyttöaste	11
2.2.5	Ulkoiset tekijät	14
2.3	Täsmällisyyden mittaaminen	14
2.3.1	Junien myöhästymisten syykoodiuudistus	16
2.4	Täsmällisyyden raportointi	17
2.4.1	Kuukausittainen raportointi	17
2.4.2	Vuosittainen raportointi	20
3.	MATKUSTAJANÄKÖKULMA RAUTATIELIIKENTEEN TÄSMÄLLISYYDESSÄ	21
3.1	Nykyisen täsmällisyysmittarin puutteet	21
3.2	Matkustajan kokema täsmällisyys	22
3.3	Esimerkkejä matkustajatäsmällisyyttä käsittelevistä tutkimuksista ja käytännöistä muissa maissa	24
3.3.1	Alankomaat	27
3.3.2	Sveitsi	30
3.3.3	Kööpenhaminan lähiliikenne	32
3.4	Huomioita	37
4.	HELSINGIN SEUDUN LÄHILIIKENTEEN MATKUSTAJAMÄÄRÄAINEISTON HYÖDYNTÄMINEN MATKUSTAJATÄSMÄLLISYYDEN ARVIOINNISSA	40
4.1	Lähiliikenteen matkustajamäärälaskennan periaate	40
4.2	Telematiikan hyödyntäminen matkustajamäärien seurannassa tulevaisuudessa	41
4.2.1	Bluetooth ja WLAN	42
4.2.2	3G- ja 4G-paikannus	44
4.2.3	RFID	44
4.3	Yleistä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistosta ja matkustajamääristä	45

4.4	Matkustajamäärätiedon ja junien kulkutietojen hyödyntäminen matkustajatäsmällisyyden määrittämisessä	50
5.	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	54
5.1	Junien ja matkustajien täsmällisyys määräasemilla Helsingin seudun lähiliikenteessä.....	54
5.1.1	Täsmällisyys määräasemilla yleisesti	54
5.1.2	Täsmällisyys määräasemilla linjoittain ja rataosittain	56
5.1.3	Täsmällisyys Helsingin päärautatieasemalla	63
5.2	Matkustajien täsmällisyys väliasemilla Helsingin seudun lähiliikenteessä ..	65
5.2.1	Täsmällisyys väliasemilla yleisesti	65
5.2.2	Täsmällisyys seuranta-asemittain	66
5.3	Matkustajien täsmällisyys määrä- ja väliasemilla eri vuorokaudenaikoina Helsingin seudun lähiliikenteessä.....	70
6.	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	75
6.1	Yhteenveto	75
6.2	Tutkimuksen arviointi	78
6.3	Jatkotutkimusehdotukset	79
	LÄHTEET	81

LIITE 1:	HELSINGIN SEUDUN LÄHILIIKENTEEEN JUNIEN JA MATKUSTAJIEN TÄSMÄLLISYYS LINJOITTAIN
LIITE 2:	HENKILÖKAUKOLIIKENTEEEN JUNIEN SAAPUMISTÄSMÄLLISYYS RANTARADALLA SEURANTA-ASEMITTAIN
LIITE 3:	KEHÄRADAN MATKUSTAJATÄSMÄLLISYYDEN KEHITYS AIKAVÄLILLÄ HEINÄKUU 2015-HUHTIKUU 2016
LIITE 4:	HELSINGIN SEUDUN LÄHILIIKENTEEEN MATKUSTAJATÄSMÄLLISYYS SEURANTA-ASEMITTAIN JA SUUNNITTAIN

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Liikennevirasto vastaa Suomen rataverkon rakentamisesta, ylläpidosta ja kehitystyöstä. Rautatieliikenteen täsmällisyys on keino mitata radanpitäjän ohella myös rautatieoperaattorin onnistumista tehtävässään. Täsmällisyys on yksi rautatieliikenteen tärkeimmistä laatutekijöistä. Rautatieliikenteessä täsmällisyydellä tarkoitetaan junien aikataulunmukaista saapumista tietylle asemalle. Täsmällisyyden seurannan ja analysoinnin avulla on mahdollista paikantaa, mihin rataverkon osiin liikenteeseen eniten vaikuttavat tekniset ja kapasiteetilliset ongelmat kohdistuvat.

Liikennevirasto tekee aktiivista työtä täsmällisyyden seurannassa ja kehittämisessä. Täsmällisyyttä pyritään parantamaan yhteistyössä liikennöitsijän kanssa ja suuntaamalla tietyn osan rataverkon investoinneista ennen kaikkea täsmällisyyttä parantaviin toimenpiteisiin. Havaittuihin ongelmiin reagoimisen lisäksi täsmällisyytyö on osaltaan myös tilanteiden ennakoimista ja mahdollisiin häiriöihin varautumista. Täsmällisyyttä seuraamalla mahdollistetaan rautatieliikenteeseen sidonnaisten toimenpiteiden kohdistaminen oikeisiin asioihin.

Suomessa rautatieliikenteen täsmällisyyden seuranta perustuu yksinomaan junien aikataulunmukaisen kulun mittaamiseen. Junien aikataulunmukaisen kulun seuranta on yksinkertainen tapa mitata täsmällisyyttä ja se on käytössä pääasiallisena täsmällisyyden mittaamenetelmänä myös muissa Euroopan maissa. Mittarit ovat tosin harvoin vertailukelpoisia keskenään, sillä mittaamiskäytännöt ja myöhästymisten raja-arvot vaihtelevat maakohtaisesti. Yhteistä useimmille mittareille on kuitenkin se, etteivät ne huomioi täsmällisyyden mittaamisessa matkustajia, vaikka yhtälailla matkustajien avulla mitattu täsmällisyys kuvaa rautatieliikenteen laatua.

Matkustajatäsmällisyydellä tarkoitetaan matkustajien aikataulunmukaista saapumista tietylle asemalle. Optimitalanteessa matkustajatäsmällisyyttä mitataan vertaamalla todellisuudessa aikataulunmukaisesti saapuneiden matkustajien osuutta saapuneiden matkustajien kokonaislukumäärään. Matkustajamäärätiedon puuttuessa junavuoroja voidaan myös painottaa erilaisilla kertoimilla korostaen kuormitetuimpien junavuorojen täsmällisyyttä. Käytännössä tällä hetkellä rautatieliikenteen matkustajatäsmällisyyttä seurataan vain Alankomaissa, Sveitsissä sekä Kööpenhaminan lähiliikenteessä. Kyseisillä mailla on omat yksilölliset periaatteensa matkustajatäsmällisyyden mittaamiseen, mutta perusajatuksena on junien kulkutietojen ja matkustajamääräarvioiden yhdistäminen. Muissa

maissa matkustajatäsmällisyyttä arvioidaan pääosin erilaisten kysely- ja haastattelututkimusten perusteella.

Matkustajanäkökulman korostamisella rautatieliikenteen täsmällisyyden seurannassa voidaan todeta olevan kysyntää useiden eri toimijoiden keskuudessa. Yhdistettyä tietoa junien kulkutiedoista ja matkustajamääristä voidaan hyödyntää esimerkiksi liikenteenohjauksessa häiriötilanteissa junien priorisoinnissa sekä erilaisissa kehityshankkeissa. Matkustajanäkökulma tarjoaa paremman kuvan rautatieliikenteen toiminnan laadusta ja korostaa asiakaslähtoisempää lähestymistapaa rautatieliikenteen suunnittelussa. Nykyaikana palvelumuotoilun merkityksen kasvaessa matkustajanäkökulman korostaminen täsmällisyyden seurannassa voidaan nähdä myös imagollisena toimenpiteenä, jonka avulla parannetaan rautatieliikenteen houkuttelevuutta kulkumuotona.

Matkustajanäkökulman huomioiminen rautatieliikenteen täsmällisyyden seurannassa ei ole aiheena uusi, mutta aiheesta on saatavilla melko suppeasti tutkimustietoa. Matkustajien kokemaa täsmällisyyttä kaukoliikenteessä on tutkittu esimerkiksi Liikenneviraston vuonna 2013 teettämässä tutkimuksessa (Liikennevirasto 2013), jossa matkustajien kokemaa täsmällisyyttä selvitettiin haastattelututkimuksen avulla. Tutkimuksen perusteella vastaajat olivat melko tyytyväisiä junaliikenteen täsmällisyyteen. Tyytymättömiimpiä junaliikenteen täsmällisyyteen havaittiin olevan säännöllisesti matkustavat ja työ- tai työasiointimatalla olleet. Vuonna 2015 Iso-Britanniassa teetetystä kyselystä (Transport Focus 2015a) selvitettiin matkustajien mielteitä maan rautatieliikenteen toiminnasta eli täsmällisyydestä ja peruutuksista. Kyselyn mukaan täsmällisyyttä toivottiin mitattavan kaikilla asemilla eikä pelkästään määräasemalla. Vastaajat olivat yksimielisiä siitä, että kaikkia junia tulisi tukea tasapuolisesti täsmällisyytavoitteissaan, eikä vähemmän kuormitetuimpia junia tai niiden matkustajia tulisi pitää vähemmän tärkeämpänä täsmällisyyttä tarkasteltaessa.

Alankomaissa julkaistiin maaliskuussa 2016 pro gradu-tutkielma (Wolters 2016), jossa vertailtiin nykyistä junien kulun täsmällisyyksmittaria lähitulevaisuudessa maassa käytöön otettavaan, älykkäisiin matkakortteihin perustuvaan, täsmällisyyksmittariin. Tutkielmassa on tarkasteltu näiden kahden eri mittausmenetelmän ominaispiirteitä matkustajanäkökulmasta. Suomessa sen sijaan ei tähän päivään mennessä ole julkaistu tutkimuksia, joissa olisi verrattu junien kulun ja matkustajien täsmällisyyksien eroavaisuuksia tai ylipäänsä tutkittu matkustajien todellista täsmällisyyttä rautatieliikenteessä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Työn tarkoituksena on tuoda perinteisen junien kulun täsmällisyyden seurannan rinnalle myös matkustajanäkökulman huomioiva ulottuvuus. Työn tavoitteena on Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoa ja Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnin junien kulkutietoja yhdistämällä luoda kuva matkustajien täsmällisyydestä Helsingin seudun lähiliikenteessä. Matkustajatäsmällisyyttä on tarkoitus tarkastel-

la eri vuoden- ja vuorokaudenaikoina niin asema-, linja- kuin rataosakohtaisesti. Tarkoituksena on myös verrata matkustajatäsmällisyyttä junien kulun täsmällisyyteen.

Työssä selvitetään siis ”miten Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoa voidaan yhdessä junien kulkutietojen kanssa hyödyntää lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyden mittaamisessa?”. Aiheen tiimoilta johdettuja alakysymyksiä ovat muun muassa

- Miten matkustajanäkökulmaa on tutkittu rautatieliikenteen täsmällisyydessä kansainvälisesti?
- Millä tavoin junien kulun täsmällisyys ja matkustajien täsmällisyys korreloivat keskenään?
- Mitä mahdollisia rajoitteita nykytiedoilla on matkustajatäsmällisyyden mittaamisessa?
- Miten matkustajamäärä- ja täsmällisyystietoa voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa hyödyntää liikenteenohjauksessa tai erilaisissa kehityshankkeissa?
- Mitä menetelmiä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää matkustajamäärien seurannassa?

Tutkimus on rajattu käsittelemään henkilöliikennettä ja pelkästään Helsingin seudun lähiliikennettä. Helsingin seudun lähiliikenteen linjoista tarkasteluun on valittu matkustajamääräaineiston mukaisesti linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U. Junien ja matkustajien täsmällisyyksien tarkastelu on rajattu kesäkuun 2014 ja joulukuun 2015 väliselle ajalle, sillä tätä aikaisempia junien tarkkoja kulkutietoja ei Liikenneviraston rataraportoinnista ole saatavilla. Tutkimus on rajattu ajallisesti myös käsittelemään pelkästään maanantain ja torstain välisiä junavuoroja, sillä pyrkimyksenä on tarkastella matkustajatäsmällisyyttä tavanomaisessa arkipäiväliikenteessä. Tutkimuksessa Helsingin seudun lähiliikenteen asemien osalta on huomioitu vain seuranta-asemat, sillä pienemmiltä väliasemilta ei junien kulkutietoja ole saatavilla. Tällöin matkustajien täsmällisyys on määriteltävä tarkastelemalla vain seuranta-asemilla poistuneita matkustajamääriä.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tämä diplomityö koostuu kuudesta luvusta, joiden nimet lyhyine sisältökuvauksineen on esitetty kuvassa 1.1. Johdannon jälkeisissä luvuissa kaksi ja kolme käsitellään junien ja matkustajien täsmällisyyttä kirjallisuuskatsauksen avulla. Luvussa kaksi perehdytään yleisesti Suomen rautatieliikenteen täsmällisyyteen. Luvussa on esitetty täsmällisyyden määritelmän ja tavoitteiden ohella myös täsmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä sekä täsmällisyyden mittaamisen ja raportoinnin käytäntöjä Suomessa. Luvussa kolme pohjustetaan matkustajanäkökulman huomioonottamista rautatieliikenteen täsmällisyydessä. Luvussa on myös esitetty kansainvälisiä esimerkkejä eri maiden käytännöistä matkustajanäkökulman huomioimisesta ja matkustajatäsmällisyyden mittaamisesta rautatieliikenteessä.



Kuva 1.1. Diplomityön rakenne. Kuvassa on esitetty diplomityön kappaleet lyhyine sisältökuvauksineen.

Luvussa neljä esitellään yleisesti Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoa. Luvussa on havainnollistettu Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamäärälaskennan periaate ja esitetty vaihtoehtoisia menetelmiä matkustajavirtojen seurantaan tulevaisuudessa. Lisäksi luvussa neljä on esitetty yleistä tilastotietoa Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräistä ja niiden kehityksestä. Luvussa on myös pohjustettu, millä tavoin matkustajamäärätietoa ja junien kulkutietoja yhdistämällä on mahdollista tutkia matkustajien täsmällisyyttä.

Varsinaisen teoriaosuuden jälkeisessä luvussa viisi on esitelty matkustajamäärätietojen ja junien kulkutietojen pohjalta saatuja tuloksia. Luvussa on tutkittu millä tavoin junien ja matkustajien määräasematäsmällisyydet korreloivat keskenään sekä verrattu matkustajatäsmällisyyden eroja linjoittain ja rataosittain. Luvussa on myös tarkasteltu väliasemien matkustajatäsmällisyyttä sekä täsmällisyyden eroja eri vuorokaudenaikoina.

Viimeiseen lukuun eli lukuun kuusi on työn tulokset koottu yhteenvetoon. Luvussa on esitetty tärkeimmät päätelmät tulosten pohjalta ja pohdittu myös tulosten hyödynnettävyyttä eri toimijoiden keskuudessa. Yhteenvedossa on myös arvioitu työssä käytettyä aineistoa ja tutkimusmenetelmää työn tavoitteisiin peilaten, ts. miten hyvin tulokset kuvaavat matkustajien täsmällisyyttä ja mitä mahdollisia rajoitteita aineisto tai käytetty

mittausmenetelmä ovat asettaneet tutkimukselle. Yhteenvetoluvun lopussa on vielä esitetty suositeltavia jatkotutkimusteemoja aiheen tiimoilta.

1.4 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Työn tutkimusmenetelminä on käytetty kirjallisuusselvitystä sekä junien kulkutietojen ja Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston analysointia Excel- taulukkolaskentaohjelmalla. Työn teoriaosa eli luvut kaksi, kolme ja osittain myös luku neljä on toteutettu kirjallisuusselvityksen avulla. Luvuissa kaksi ja kolme on hyödynnetty pääosin Liikenneviraston ja entisen Ratahallintokeskuksen julkaisuja. Luvussa kolme on edellä mainittujen lähteiden lisäksi käytetty myös kotimaisten ja ulkomaalaisten tutkijoiden julkaisuja aiheesta. Maakohtaiset esimerkit on koottu aihetta käsittelevistä kansainvälisistä julkaisuista ja opinnäytetöistä.

Luvussa neljä on kirjallisuuslähteiden ohella hyödynnetty myös Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoa, jonka pohjalta kyseisen luvun tilastot on laadittu. Työn varsinaisessa tutkimusosassa eli luvussa viisi junien ja matkustajien täsmällisyyksien selvittämiseksi on Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston ohella hyödynnetty myös Liikenneviraston rataraportoinnista saatavia junien kulkutietoja.

Tutkimuksessa tarkasteltavien Helsingin seudun lähiliikenteen linjojen junien kulun täsmällisyystiedot saatiin kuukausikohtaisesti Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnin kohdasta ”Lähiliikenteen määräasematäsmällisyys linjoittain”. Ennen täsmällisyystietojen hakua oli raportoinnissa valittava tarkasteltava ajanjakso, linja sekä viikonpäivät. Tässä työssä tarkasteltiin sekä Helsingin seudun keskimääräistä että linjakohtaista junien kulun täsmällisyyttä, jolloin valitut linjat vaihtelivat tarkasteluaiheen mukaan. Tutkimus rajattiin käsittelemään vain tavanomaista arkipäiväliikennettä, jolloin tarkasteltaviksi viikonpäiviksi valittiin viikonpäivät maanantaista torstaihin. Jokaisen erillisen raportin suorituksen jälkeen junien kuukausikohtaiset täsmällisyystiedot kopioitiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, jossa kuukausikohtaisista tiedoista koottiin pidemmän aikavälin kuvaajat.

Sen sijaan Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien väli- ja määräasematäsmällisyyksien määrittämiseksi oli työssä yhdistettävä junien kulkutiedot matkustajamääräaineiston kanssa. Junien kulkutiedoista oli ensin selvitettävä seuranta-asemilla myöhästyneet junavuorot. Linjakohtaiset kuukausittaiset myöhästyneet junavuorot selvitettiin hakemalla junien kulkutiedot rataraportointiportaalin kohdasta ”Junien kulku”. Vastavasti kuin junien täsmällisyystietojen haussa, myös nyt valittiin valikosta tarkasteltava ajanjakso, mutta linjan sijaan määritettiin tarkasteltavat linjakohtaiset junanumerovälit. Raportin suorituksen jälkeen junien kulkutiedot kopioitiin Exceliin. Junavuorojen mahdollisia myöhästymisiä tarkastelemiseksi luotiin taulukkoon ylimääräinen sarake, johon koodattiin junavuorokohtaisesti suunnittelun ajan ja toteutuneen ajan välinen erotus. Toteutuneesta ajasta vähennettiin suunniteltu aika ja mikäli erotus oli vähintään kolme

minuuttia, merkittiin junavuoro myöhästyneeksi. Kun oli tiedossa kaikki eri seuranta-aseilla raportoidut myöhästymiset, tuli myöhästymisistä poistaa vielä ne myöhästymiset, jotka ylittivät minuuttimääräisesti kyseisen junavuoron aikaisen vuorovälin. Yläraja myöhästymisen suuruudelle määräytyi siis vuorokohtaisesti siitä, millä ”vuorovälillä” yksittäisen myöhästyneen junavuoron suunniteltu aika oli. Koska haluttiin tutkia matkustajien täsmällisyyttä määrä- ja väliasemilla, piti myöhästymisistä vielä suodattaa lähtömyöhästymiset (L ja A) pois. Tällöin jäljelle jäivät ainoastaan tulo- (T) ja määrä-asemamyöhästymiset (M).

Seuranta-asema-kohtaisten myöhästymisten ollessa tiedossa tuli myöhästymiset kohdistaa Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston linjakohtaisiin matkustajamäärätietoihin. Seuranta-asema-kohtaisten myöhästymisten kohdistaminen tehtiin manuaalisesti maalaamalla junavuorokohtaisesti ne seuranta-asemat, joilla oli raportoitu vähintään kolmen minuutin myöhästymisen. Kun kaikkien junavuorojen kaikki raportoidut myöhästymiset oli merkitty kuukausittaiseen taulukkoon, laskettiin tämän jälkeen yhteen kullekin seuranta-asemalle kuukauden aikana myöhässä asemalla poistuneiden matkustajien lukumäärä. Myöhässä asemalla poistuneiden lukumäärää verrattiin asemalla poistuneiden matkustajien kokonaislukumäärään, jolloin saatiin selville matkustajien täsmällisyys seuranta-asemittain.

Myöhästymisten selvittäminen ja kohdentaminen toteutettiin erikseen jokaiselle linjalle jokaisena tarkastelujakson kuukautena. Laskennasta saadut linjakohtaiset kuukausittaiset määrä- ja väliasemien matkustajatäsmällisyydet kopioitiin erilliseen Exceliin, jossa kuukausittaisten täsmällisyystietojen pohjalta voitiin määrittää Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräinen ja linjakohtainen matkustajatäsmällisyys määrä- ja väliasemilla.

Ruuhka-ajan ja muun ajan matkustajatäsmällisyyksien määrittäminen tehtiin vastaavalla tavalla, mutta tarkasteltavat junavuorot määräytyivät tarkasteltavan vuorokaudenajan mukaan. Ruuhka-ajan vuoroihin katsottiin kuuluvaksi ne junavuorot, jotka suunnittelun aikataulun mukaan saapuvat määräasemalle aamupäivällä klo 7-9 tai iltapäivällä klo 15–18 välisenä aikana. Jäljellä jääneet vuorot käsiteltiin muun ajan vuoroina.

2. TÄSMÄLLISYYS SUOMEN RAUTATIELIIKEN- TEESSÄ

2.1 Täsmällisyyden määritelmä ja tavoitteet henkilöliikenteessä

Rautatieliikenteessä täsmällisyydellä tarkoitetaan junan aikataulunmukaista saapumista tietylle asemalle. Suomessa rautatieliikenteen täsmällisyyttä mitataan junien täsmällisyytenä määräasemilla. Kyseinen mittari on yksinkertainen ja selkeä tapa mitata täsmällisyyttä, minkä johdosta vastaavanlainen mittari on käytössä monissa muissakin Euroopan maissa. Useissa maissa määräasematäsmällisyyttä kuvaavassa mittarissa on täsmällisyyttä tarkasteltu myös lähtö- tai väliasemilla. (Liikennevirasto 2012)

Junaliikenteen täsmällisyystaso määritetään yksinkertaisesti täsmällisten junien prosentiosuutena kaikista junista (Salkonen 2008). Henkilökaukoliikenteessä junan katsotaan olevan täsmällinen, kun se on määräasemallaan enintään viisi minuuttia aikataulustaan myöhässä. Henkilökaukoliikenteen täsmällisyys kertoo siis prosentuaalisen osuuden niistä junista, jotka ovat saapuneet määräasemalleen enintään viisi minuuttia aikataulustaan myöhässä. (Liikennevirasto 2015a)

Helsingin seudun lähiliikenteessä myöhästymisen raja-arvo on vastaavasti kolme minuuttia. Lähiliikenteen täsmällisyydessä huomioidaan määräasemalle saapuvien junien lisäksi myös lähtöasemalta lähtevät junat. Lähiliikenteen täsmällisyys kuvaa siis prosentuaalista osuutta niistä Helsingin seudun lähijunista (vaikutus 0,5 junavuoroa), jotka ovat saapuneet määräasemalleen tai lähteneet lähtöasemaltaan alle kolme minuuttia aikataulustaan myöhässä. Lähiliikenteessä tarkastellaan lisäksi vielä erikseen täsmällisyyttä kaupunkiradoilla, jolloin Helsingin seudun lähiliikenteestä on huomioitu pelkästään ne junat, jotka liikennöivät omilla radoillaan eli niin sanotuilla kaupunkiradoilla. (Liikennevirasto 2015a)

Henkilökauko- ja lähiliikenteessä otetaan myös äkillisesti perutut junavuorot huomioon täsmällisyyden laskennassa. Peruttu junavuoro lasketaan myöhästyneeksi, jolloin myös perutut junat vaikuttavat täsmällisyysprosenttiin. (Liikennevirasto 2012)

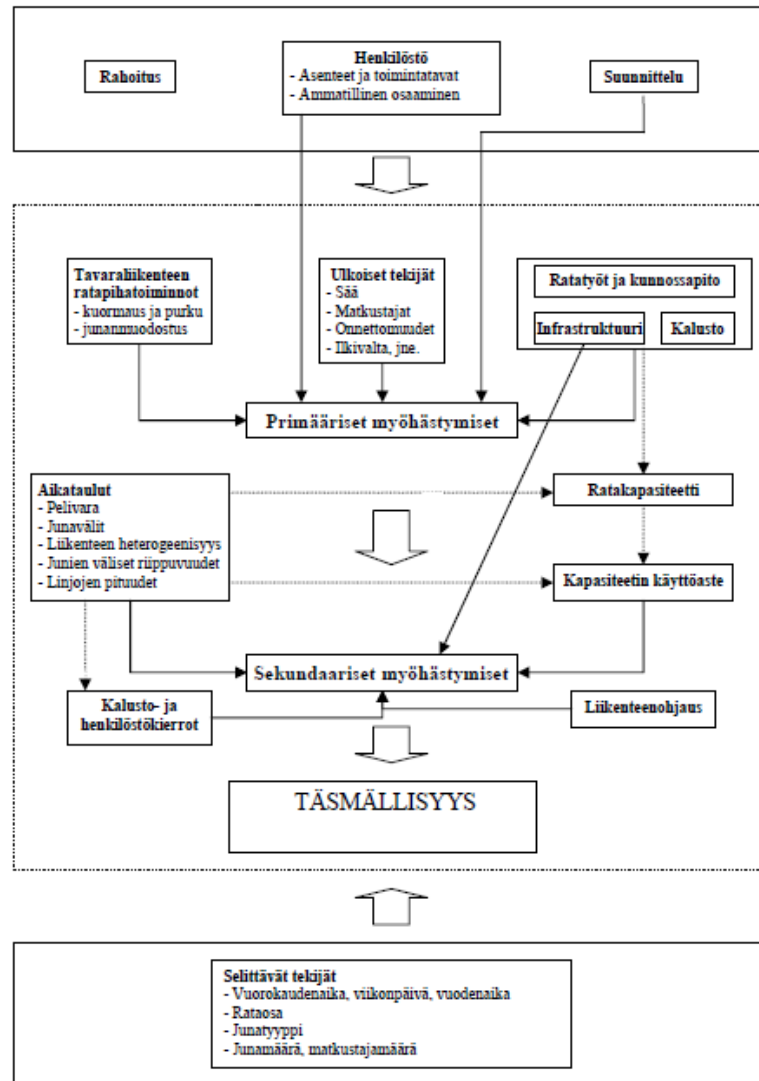
Liikennevirasto ja VR Group ovat yhteisesti asettaneet täsmällisyystavoitteet henkilökauko- ja lähiliikenteelle. Henkilökaukoliikenteessä tavoitteena on yli 90 % täsmällisyys määräasemalla ja Helsingin seudun lähiliikenteessä yli 97,5 % täsmällisyys lähtö- ja määräasemalla. Liikenne- ja viestintäministeriö on lisäksi asettanut Liikennevirastolle erilliset radanpidosta aiheutuvien junien myöhästymiseen liittyvät tavoitteet. Tavoitteet

na on, että henkilökaukoliikenteessä radanpidon vuoksi myöhästyneitä junia olisi alle 4 % ja lähiliikenteessä alle 1,5 % kaikista junista. (Liikennevirasto 2012)

2.2 Täsmällisyyteen vaikuttavat tekijät

Rautatieliikenteen täsmällisyyttä heikentävät primääriset ja sekundääriset myöhästymiset. Kun häiriöt vaikuttavat suoraan junan kulkuun, on kyseessä primäärinen myöhästyminen. Rataverkolla primääriset myöhästymiset vaikuttavat usein muihin juniin aiheuttaen sekundäärisiä myöhästymisiä. Sekundääriset myöhästymiset ovat siis aina myöhässä olevien junien aiheuttamia. Sekundäärisiä myöhästymisiä aiheutuu infrastruktuurin yhteiskäytöstä ja junien välisistä riippuvuuksista. Suomessa henkilökaukoliikenteen myöhästymisminuuteista noin puolet on sekundäärisiä, mikä viestii osaltaan ratakapasiteetin korkeasta käyttöasteesta, rataverkon yksiraiteisuudesta ja tiettyjen rataosien puutteellisesta välityskyvystä. (Liikennevirasto 2012, Mukula 2008)

Rautatieliikenteen täsmällisyys muodostuu normaalista matka-ajan hajonnasta sekä häiriöistä. Rautatieliikenteessä normaali matka-ajan hajonta on pientä, mutta häiriöiden sattuessa seuraukset ovat yleensä merkittäviä. Rataverkolla ilmenee jatkuvasti odottamattomia häiriötilanteita, jotka vaikuttavat junien suunniteltuun kulkuun. Häiriöiden syitä ja lähteitä on tunnistettavissa useita. (Mukula 2008) Häiriöt leviävät liikenteellisten riippuvuuksien vuoksi ja rautatieliikenteessä on tärkeää pyrkiä ennaltaehkäisemään häiriötilanteita, sillä pienetkin viivästymiset voivat saada aikaan ”dominoefektin”, joka lopulta johtaa usean junan myöhästymiseen (Goverde 2005). Merkittävimpiä täsmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä ja niiden keskinäisiä riippuvuussuhteita on pyritty havainnollistamaan kuvassa 2.1. Kuvassa on ryhmitelty erikseen, mistä eri tekijöistä primäärisiä myöhästymisiä syntyy ja mitkä tekijät vaikuttavat sekundääristen myöhästymisten määrään.



Kuva 2.1. Rautatieliikenteen täsmällisyyteen vaikuttavat tekijät (Mukula 2008)

Kuten kuvasta 2.1 nähdään, rautatiejärjestelmä muodostuu useista toisiinsa liittyvistä järjestelmistä. Rautatiejärjestelmän voidaan todeta olevan äärimmäisen haavoittuvainen, sillä yhdenkin järjestelmän vioittuminen heikentää koko järjestelmän toimintakykyä (Mukula 2008). Alaluvuissa 2.2.1–2.2.5 on esitetty tarkemmin mistä syistä rautatieliikenteen täsmällisyys voi heikentyä.

2.2.1 Infrastruktuuri ja radanpito

Radanpidosta aiheutuu viivästyksiä junaliikenteelle muun muassa radan kunnossapito- ja rakennustöiden, radan huonosta kunnosta johtuvien tilapäisten nopeusrajoitusten, liikenteenohjausjärjestelmien ja turvalaitteiden vikojen sekä sähköratavaurioiden johdosta. Ratatyöt aiheuttavat usein muutoksia rautatieliikenteeseen, sillä ratatöillä ja rautatieliikenteellä on käytettävissä samaa ratakapasiteettia. Monissa tapauksissa ratatyöt rajoittavat junien nopeuksia tai heikentävät radan välityskykyä pidentäen junien kuluaikojen. (Liikennevirasto 2012)

Esimerkiksi radalle rakennettujen sähköistysjärjestelmien vaurioista voi aiheutua häiriöitä rautatieliikenteelle. Sähköratavauriot eivät ole kovinkaan yleisiä, mutta tapahtuessaan ne aiheuttavat usein pitkäkestoisia myöhästymisiä ja junavuorojen perumisia. Vaurioalue on usein laaja ja korjaustyöt tehdään kiskoilla liikkuvalla erikoiskalustolla. Vaurioiden korjausta hidastaa osaltaan myös korkeajännitetöiden vaatima korkea turvallisuustaso. Usein vaurioalueella liikennöinti on kokonaan estynyt siihen asti, kunnes vauriopaikka saadaan raivattua. (Liikennevirasto 2012) Viime vuosina sähköratavauriot ovat olleet yksi yleisimmistä täsmällisyyttä heikentäneistä syistä.

Infrastruktuurin heikentyminen lisää yleensä suuria myöhästymisiä. Infrastruktuuriviat vaikuttavat kaikkiin niihin juniin, jotka ajavat kyseisen kohdan ohi. Kunnossapidon laadulla ja määrällä voidaan vaikuttaa rataverkon ja kaluston luotettavuuteen. Tällöin myös radanpitoon varatulla rahoituksella on vaikutusta rautatieliikenteen täsmällisyyteen. Rahoituksen suuruudella on suora vaikutus infrastruktuurin luotettavuuteen ja ratakapasiteettiin. Mikäli rataverkon kuntoa ei ole mahdollista ylläpitää liikenteen edellyttämällä tasolla ja mahdollisia kapasiteettia parantavia investointeja ei voida toteuttaa, lisääntyvät liikenteen ongelmat. Liikennemäärien kasvaessa toimitaan entistä lähempänä kapasiteetin ylärajaa, jolloin järjestelmän häiriöherkkyys kasvaa. (Mukula 2008)

2.2.2 Liikennöitsijät

Tyypillisimpiä liikennöitsijästä johtuvia täsmällisyyttä heikentäviä syitä ovat veturi- ja kalustoviat, joita ovat esimerkiksi jarru-, ovi- ja kytkentäviat tai junan kulunvalvontalaitteen viat. Vika ei aina välttämättä pysäytä junaa kokonaan, mutta turvallisuussyistä viallisella kalustolla liikennöinti on hyvin rajoitettua. Rataverkolla ei lähtökohtaisesti saa liikennöidä ilman toimivaa kulunvalvontalaitetta tai jos junassa havaitaan ovivika. Mikäli junayksiköiden yhteen kytkeminen ei onnistu suunnitellun mukaisesti, joudutaan yksiköt ajamaan määränpäähänsä kahtena eri junana. Häiriötilanteissa ei myöskään pysäytettyä noudattamaan suunniteltuja henkilökunta- ja kalustokiertoja. Liikennöitsijällä on olemassa varakalustoa ja -henkilöstöä, mutta häiriötilanteissa ei niitä välttämättä aina ole saatavilla. (Liikennevirasto 2012)

Kalusto- ja henkilöstökierron suunnittelulla voidaan vaikuttaa sekundäärisiin myöhästymisiin ja niiden leviämiseen. Paluujunan lähtö voi myöhästyä esimerkiksi siksi, että pääteasemalle saapuva juna on myöhässä enemmän kuin mitä junan kääntöaika sallii tai myöhässä saapuvasta junasta käytetään kalustoa useampaan kuin yhteen junaan. Myöhästymiset voivat heijastua myös linjalta toiselle, jos kalustokierto on suunniteltu siten, että junayksiköt vaihtavat eri linjojen välillä. (Mukula 2008)

Junahenkilökunta saattaa vaihtaa junaa useita kertoja päivän aikana. Jokainen henkilökunnan siirto on potentiaalinen mahdollisuus myöhästymisen leviämiseen junasta toiseen, jos henkilökunnan tuova juna on myöhässä. Jos henkilökuntaa tulee useammasta eri junasta, on tällöin myös mahdollisten häiriölähteiden lukumäärä suurempi. Henkilö-

kunnan mahdolliset myöhästymiset aiheuttavat suoraan primäärisiä myöhästymisiä. Myös puhtaasti inhimilliset tekijät kuten kuljettajan ajokäyttäytyminen voivat vaikuttaa junien täsmällisyyteen. (Mukula 2008) Muita mahdollisia liikennöitsijästä johtuvia syitä ovat muun muassa junan kokoonpanoon ja lastaukseen liittyvät häiriöt sekä osittain myös matkustajapalveluun liittyvät syyt (Liikennevirasto 2012).

2.2.3 Liikenteenohjaus

Liikenteenohjauksella varmistetaan liikenteen sujuvuus rataverkolla aikataulunmukaisesti, turvallisesti ja kokonaisuuden kannalta parhaalla tavalla. Jokaisen rataverkolla kulkevan junan kulku on valvottua ja ohjattua sekä ennalta suunniteltua. Liikenteenohjauksella muun muassa turvataan junien kulkutiet ohjaamalla vain yhden junan rajatulle raideosuudelle kerrallaan. (Liikennevirasto 2012)

Rautatieliikenteen ohjaamiseksi ja turvallisuuden varmistamiseksi on käytössä erilaisia teknisiä järjestelmiä ja laitteita. Raiteiden vapaana oloa valvotaan erilaisin tekniikoin, jotta varmistetaan kerrallaan vain yhden junan ohjaaminen tietylle raideosuudelle. Junien kulunvalvontajärjestelmän (JKV) avulla valvotaan, että kuljettaja noudattaa liikenteenohjausta. Tarvittaessa kulunvalvontajärjestelmä pysäyttää junan tai alentaa sen nopeutta automaattisesti. Liikenteenohjaus on välttämätöntä rautatieliikenteen turvallisuuden varmistamiseksi ja osaa liikenteenohjauslaitteista kutsutaankin tämän johdosta turvalaitteiksi. (Liikennevirasto 2012)

Häiriöttömässä tilanteessa junien ohjaus tapahtuu etukäteen suunniteltujen toimenpiteiden mukaisesti varsin automaattisesti. Liikenteenohjaajan vastuulla on tällöin käytännössä ylläpitää liikenteen tilannekuvaa, varmistaa automatiikan toiminta ja valvoa junien kulkua erilaisten poikkeustilanteiden varalta. Häiriötilanteessa junien kulkua joudutaan usein paikallisesti ohjaamaan käsin, jolloin liikenteenohjaus on erittäin kuormitettu. Häiriöitä liikenteenohjausjärjestelmissä ja turvalaitteissa saattaa ilmetä useasta eri syystä. Laitteet kuluvat ja vanhenevat tai niihin voi tulla tekninen vika. Vikatilanteiden määrää ja niiden vaikutuksia pyritään vähentämään ennakkohuolloilla sekä laitteita ja tietoliikenneyhteyksiä kahdentamalla, mutta täysin ei vikaantumisia voida estää. (Liikennevirasto 2012)

2.2.4 Aikataulusuunnittelu ja ratakapasiteetin käyttöaste

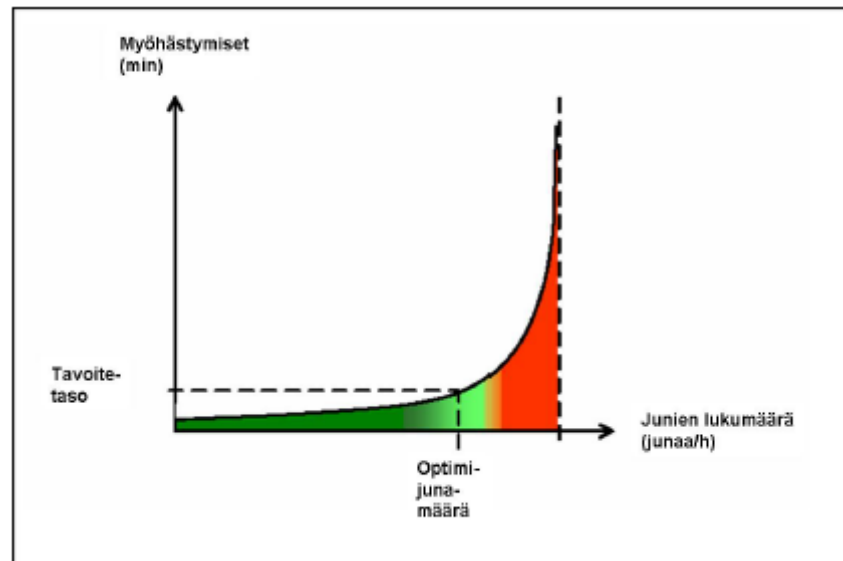
Aikataulusuunnitteluun liittyy olennaisena osana ratakapasiteetin käsite, sillä aikataulusuunnittelun voidaan periaatteessa katsoa olevan ratakapasiteetin jakoa junien kesken (UIC 2004). Rautatielain mukaan ratakapasiteetilla tarkoitetaan mahdollisuutta käyttää rataverkkoa ja laatia aikatauluja rataverkolla liikennöitäville reiteille. Ratakapasiteetti kuvaa rataverkon ominaisuuksista johtuvaa aikaan sidottua rautatiereitin junaliikenteen välityskykyä. (Liikennevirasto 2015c) Jaettavissa olevalla ratakapasiteetilla kuvataan radanpidon jälkeen jäljelle jäävästä osasta liikenteenvälityskykyä. Liikenteenvälitysky-

ky on vakiintunut ratakapasiteetin mittariksi, joka kuvaa rataosan läpäisykykyä junaa aikayksikköä kohti. Vaihtoehtoisena ratakapasiteetin mittarina käytetään myös maksimisuoritetta, joka kuvaa junamäärien sijaan kuljetettua henkilö- tai tonnikilometriä aikayksikköä kohti. (UIC 2004)

Teoreettisella ratakapasiteetilla kuvataan kapasiteetin teoreettista maksimiarvoa. Rataosan liikennemäärä voi vain hetkellisesti kasvaa teoreettisen maksimiarvon suuruiseksi. Käytännön ratakapasiteetti kertoo suurimman mahdollisen liikennesuoritteen arvon siten, että kapasiteetin maksimiarvo on sidottu liikennöintiaikoihin. Käytännön ratakapasiteetti huomioi myös radanpidon tarvitseman kapasiteetin. (Viegas et al. 2003)

Ratakapasiteetti muodostuu rataverkon infrastruktuurista, liikkuvan kaluston ominaisuuksista sekä aikataulurakenteesta. Infrastruktuurin osalta suurin yksittäinen kapasiteettiin vaikuttava tekijä on rataosan raiteiden lukumäärä. Myös junakohtauspaikkojen lukumäärä, sijainti ja kohtauspaikkojen väliset etäisyydet vaikuttavat ratakapasiteettiin. Ratakapasiteetin lisääminen ei välttämättä aina tarkoita lisäraiteiden rakentamista, sillä yleensä turvalaitteet määrittelevät sen, miten lähellä junat voivat kulkea suhteessa toisiinsa. Myös ratageometria ja nopeusrajoitukset vaikuttavat kaluston ominaisuuksien ja junien ajonopeuksien kautta ratakapasiteettiin. Junien kiihtyvyysominaisuudet riippuvat veturin tehosta ja junan painosta: esimerkiksi kallistuvakoriset junat pystyvät ajamaan kaarteet nopeammin kuin perinteiset junat. (Pachl 2002, UIC 2004)

Rataverkolla liikkuu hyvin erilaisia junia, joiden pysähtymiskäyttäytyminen ja ajonopeudet vaihtelevat paljon. Tällöin myös junien sijoittelulla aikatauluun eli aikataulurakenteella on merkittävä vaikutus ratakapasiteettiin. (Mukula 2008) Aikataulut yhdessä ratakapasiteetin kanssa määrittelevät kapasiteetin käyttöasteen. Kapasiteetin käyttöastetta voidaan pitää merkittävimpana tekijänä liikenteen täsmällisyyden kannalta (Yuan 2002). Mitä enemmän rataverkolla liikkuu junia eli mitä korkeampi on ratakapasiteetin käyttöaste, sitä suuremmalla rasituksella rataverkko on ja tällöin myös primääristen myöhästymisten todennäköisyys kasvaa. Junamäärän kasvun voidaan nähdä lisäävän myös rataverkon häiriöherkkyyttä. (Mukula 2008) Kuvassa 2.2 on havainnollistettu junien lukumäärän vaikutusta rataverkon täsmällisyyteen.



Kuva 2.2. Junien lukumäärän vaikutus rataverkon täsmällisyyteen (Kandels & Gröger 2005)

Nykyisin rautatieliikenteen ongelmana on se, miten kasvavista liikennemääristä selvittää olemassa olevalla infrastruktuurilla. Kapasiteetin käyttöasteen kasvu lisää sekundääristen myöhästymisten todennäköisyyttä. Mitä tiukempi aikataulu ja pienemmät junavälit rataverkolla on, sitä helpommin yhden junan myöhästymisen heijastuu myös muiden junien kulkuun. Ratakapasiteettia on tarjolla rajallisesti, minkä vuoksi kapasiteetin käyttöasteen kasvaessa junavälit pienenevät. Ruuhkaisimmilla rataosilla junavälit ovat lähellä ns. minimijunaväliä, jolloin pienikin viivästyminen heijastuu usean junan kulkuun. Tilanne on vastaavanlainen kuin tieliikenteessä: mitä enemmän autoja väylällä liikkuu, sitä enemmän ne vaikuttavat toistensa kulkuun ja sitä vaikeampaa halutun ajonepeuden ylläpitäminen on. (Mukula 2008)

Vakioaikataulujärjestelmässä junien aikataulut rakennetaan solmuasemien ehdoilla. Tällöin yksittäisten junien aikatauluihin ei ole mahdollista tehdä muutoksia ilman tarkasteluja muutosten vaikutuksista kokonaisjärjestelmään ja muiden junien kulkuun. Vakioaikataulujärjestelmä perustuu junien saapumiseen solmuasemille kutakuinkin samanaikaisesti. Vakioaikataulut lisäävät junien välisiä riippuvuuksia, jolloin myös järjestelmän häiriöherkkyys kasvaa. (Ratahallintokeskus 2004)

Junia yhdistämällä ja erottamalla pyritään tarjoamaan suorat yhteydet mahdollisimman monelle matkustajalle. Junien yhdistäminen säästää ratakapasiteettia ja yhdistämisellä on periaatteessa positiivinen vaikutus täsmällisyyteen. Toisaalta junien yhdistäminen tai irrottaminen voi aiheuttaa viivästyksiä liikenteessä, kun toimenpide kestää suunniteltua pidempään tai kun junien yhdistäminen ei onnistu ollenkaan teknisten ongelmien vuoksi. (Mukula 2008)

Ratakapasiteettia lisäämällä voidaan pienentää sekundääristen myöhästymisten riskiä ja parantaa aikataulun luotettavuutta. Aikataulusuunnittelun avulla ei voida vaikuttaa pri-

määristen myöhästymisten määrään, mutta niiden vaikutuksia voidaan pyrkiä lieventämään. Aikataulusuunnittelun toimenpiteillä on yleensä myös kääntöpuolensa. Pelivaran lisäämisellä parannetaan täsmällisyyttä, mutta tällöin myös matka-aika kasvaa ja kapasiteetin käyttö heikkenee. Aikatauluissa tosin tulisi olla riittävästi peli- ja puskurivaraa, jotta järjestelmän häiriönsietokykyä voitaisiin parantaa. (Mukula 2008)

2.2.5 Ulkoiset tekijät

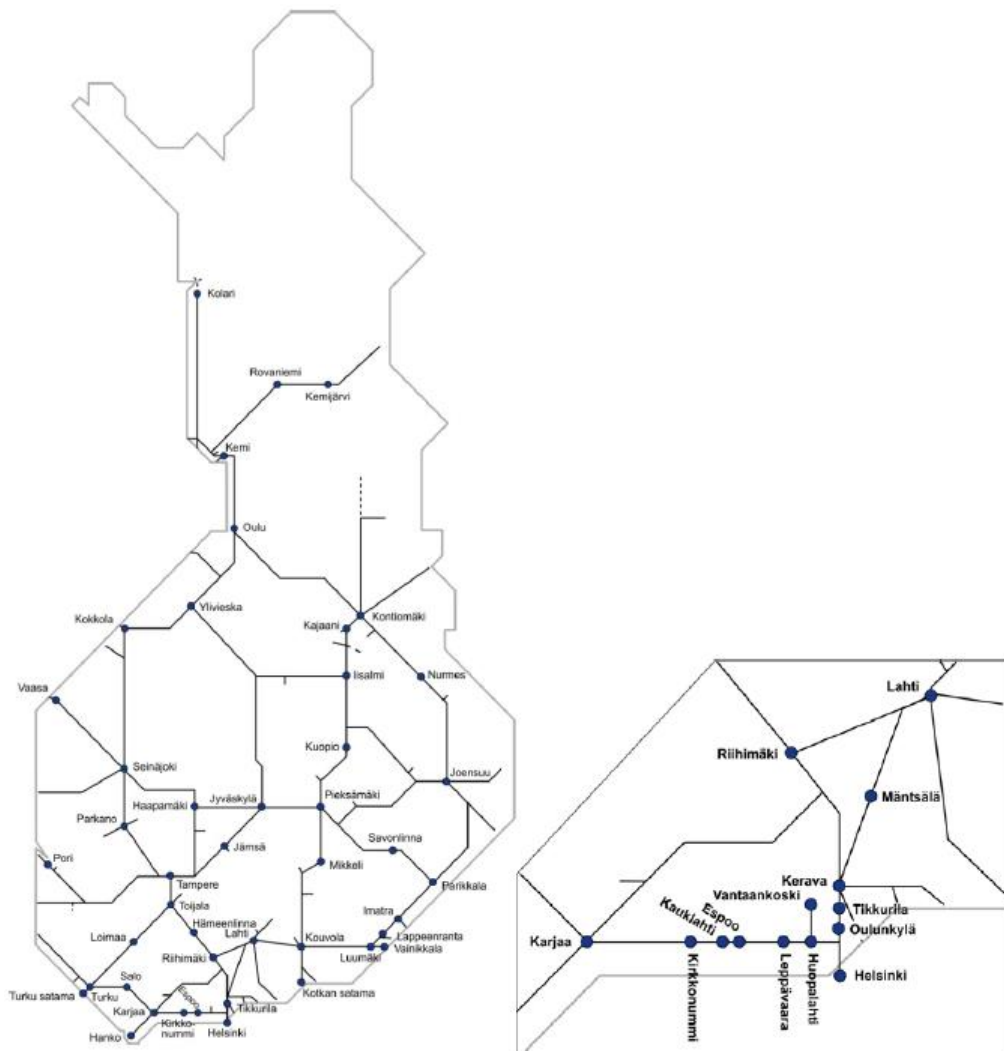
Rautatieliikenteen täsmällisyyteen vaikuttavia ulkoisia tekijöitä ovat muun muassa sää- ja keliolosuhteet, matkustajat, onnettomuudet ja allejäännit sekä ilkivalta. Vallitsevat sää- ja keliolosuhteet vaikuttavat olennaisesti rautatieliikenteen täsmällisyyteen. (Liikennevirasto 2012) Yksittäiselle junalle säästä aiheutuu usein melko pieniä viivästyksiä, mutta laajalla alueella vaikutukset voivat olla pitkäaikaisia, jolloin järjestelmän toiminta voi häiriintyä (Mukula 2008).

Esimerkiksi syksyisin junien kulkua vaikeuttaa usein niin sanottu lehtikeli. Kiskon pinnassa olevat epäpuhtaudet, puista putoavat lehdet ja kosteus aikaansaavat liukkaan kalvon radan pintaan, minkä vuoksi junan pysähtyminen ja liikkeelle lähtö hankaloituu. Myös voimakkaat lumipyryt aiheuttavat viivytyksiä junaliikenteessä, kun pakkaantuva lumi heikentää vaihteiden toimivuutta ja aiheuttaa myös ongelmia junakaluston toiminnassa. (Liikennevirasto 2012) Lisäksi ukkonen voi rikkoa sähkölaitteita aiheuttaen näin häiriöitä junaliikenteelle (Mukula 2008).

Täsmällisyyteen vaikuttavat myös matkustajien lukumäärä ja junien kuormitusaste eli junassa olevien matkustajien lukumäärän suhde tarjolla oleviin istumapaikkoihin. Merkittävimmin matkustajien vaikutus täsmällisyyteen ilmenee junaan noustessa ja sieltä poistuttaessa. Asemilla käytettyyn aikaan vaikuttavat myös kaluston ominaisuudet, sillä nousujen ja poistumisten vaikutus täsmällisyyteen on riippuvainen myös junatyypistä. (Olsson & Haugland 2004)

2.3 Täsmällisyyden mittaaminen

Junaliikenteen täsmällisyyttä mitataan junien seurantajärjestelmän (JUSE) avulla. Seurantajärjestelmään tallentuvat junien kulkutiedot seuranta-asemittain. Kulkutiedot saadaan seurantajärjestelmään liikenteenohjausjärjestelmästä tai liikenteenohjaajan syöttämänä. Myöhässä asemalle saapuneille junille kirjataan myöhästymissyys ja syyt on ryhmitelty 12 eri luokkaan. (Liikennevirasto 2012) JUSE-järjestelmässä henkilökaukoliikenteen seuranta-asemia on yhteensä 62 ja Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemia yhteensä 15 kappaletta (kuva 2.3).



Kuva 2.3. Henkilökaukoliikenteen ja Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemat junien seurantajärjestelmässä vuonna 2011 (Liikennevirasto 2012). Vuoden 2011 jälkeen henkilökaukoliikenteessä seuranta-asemien lukumäärä on kasvanut 45 asemasta 62 asemaan. Myös Helsingin seudun lähiliikenteessä seuranta-asemien lukumäärä on kasvanut vuoden 2015 heinäkuun jälkeen Lentoaseman seuranta-aseman valmistumisen myötä.

Vuodesta 2005 käytössä olleen JUSE-järjestelmän avulla liikenteenohjaus pystyy tarkkailemaan myöhässä olevien junien tilannetta reaaliajassa ja hyödyntämään tietoja häiriötilanteiden hoitamisessa. Täsmällisyyden tilastointia ja analysointia varten JUSE-järjestelmästä voidaan hakea tietoa junien kulkutiedoista jälkikäteen. (Liikennevirasto 2012)

Vuoden 2014 kesäkuusta lähtien junien kulkutiedot on siirretty Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportointiin. Myös kesäkuuta 2014 edeltävältä ajalta on junien kulkutiedot viety takautuvasti JUSE-järjestelmästä nykyiseen raportointiportaaliin. Liikenneviraston rataraportoinnissa kerättyä tietoa junien kulusta ja myöhästymisistä syykoodeineen on mahdollista yhdistellä ja analysoida erilaisten sovellusten avulla.

2.3.1 Junien myöhästymisten syykoodiuudistus

Junien myöhästymistiedot perustuvat junien kulkutietoihin ja syykoodikirjauksiin. Liikennevirastossa vuonna 2014 käynnistetyn syykoodiuudistuksen tavoitteena on systemaattisen täsmällisyysjohtamisen ja tiedon täysimääräisen hyödyntämisen kehittäminen. VR:n kanssa yhteistyössä toteutettavalla projektilla tähdätään myös täsmällisyysmittariston ja -tavoitteiden kehittämiseen. Syykoodiston ja häiriökirjausprosessin uudistuksen tavoitteena on parantaa myöhästymisten syytiedon laatua ja luotettavuutta mahdollistaen täten tiedon seurannan, analysoinnin ja hyödyntämisen kehittämisen. Myöhästymisten syykoodiston ja häiriökirjausprosessin uudistuksen yhtenä tavoitteena on liikenteenohjauskeskusten toimintatapojen yhtenäistäminen sekä johdonmukaisen ja yksiselitteisen syykoodiston luominen. Tiedon laatu paranee, kun koodisto ei ole tulkinnanvarainen, ohjeistus on selkeä ja syiden tarkentamisessa huomioidaan myöhästymisten aiheuttajat ja korjaajat. (VR Track 2016)

Uudistusten tavoitteena on myös heijastusvaikutusten luotettavampi seuranta. Uudessa syykoodistossa on tunnistettu myöhästymisten primääri- ja sekundäärisyyt ja esitetty kirjaamisprosessiin toimintatavat, jotta tieto saadaan yhdistettyä eri junien välillä. Vaikutusketjun tallentumisen avulla tiedot myöhästymisvaikutusten leviämisestä rataverkolla sekä primäärisyyden vaikuttavuudesta paranevat huomattavasti. Kyseistä tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi kapasiteetin kannalta kriittisten rataosien tunnistamisessa, liikenteenohjauksen häiriötilanteiden ohjeistamisessa ja rataverkon kehittämissuunnittelussa. (VR Track 2016)

Syykoodiuudistuksen ohella loppuvuodesta 2014 käynnistettiin myös POHA-järjestelmän eli rautateiden poikkeamien hallinta-järjestelmän kehitystyö. POHA-järjestelmän perusideana on kaikkien yksittäisten rataverkon poikkeamia koskevien tietojen yhteenlinkittäminen. Järjestelmän tavoitteena on esimerkiksi saada selville kaikki yksittäisestä viasta aiheutuneet myöhästymiset ja muut tarkentavat tiedot. Järjestelmän kehittämisen yhtenä merkittävimmistä ideoista on se, että poikkeaman aiheuttaja saataisiin aina selville. Mikäli yksittäisen junan myöhästymiseen liittyy poikkeama, linkitetään se kyseiseen myöhästymiseen. Muussa tapauksessa myöhästymiselle kirjataan suoraan syykoodi uudesta kehitettävästä syykoodistosta. (Liikennevirasto 2015d)

Syykoodisto- ja häiriökirjausprosessiuudistuksen sekä POHA-järjestelmän käyttöönoton avulla tiedot myöhästymisen juurisyyn sijainnista ja kohteesta paranevat. Tiedon tarkentamisen johdosta pystytään muun muassa kehittämään automatiikan avulla herätteitä tunnistamaan rataverkolla ja junissa toistuvasti ilmeneviä ongelmakohtia. Uudistusten mahdollistaman luotettavamman ja kattavamman tiedon avulla voidaan päästä kiinni ratainfrastruktuuriin ja juniin liittyvien ongelmien lisäksi myös esimerkiksi aikataulusuunnitteluvirheisiin, mäkeenjäätikohteisiin, kriittisiin liikennepaikkoihin sekä kalustovikoihin. Kehittyneellä myöhästymisvaikutuksen ja syytiedon yhdistämisellä ja ana-

lysoinnilla voidaan myös parantamistoimenpiteet kohdistaa kustannustehokkaammin eri toimijoiden kriittisiin kohteisiin. (VR Track 2016)

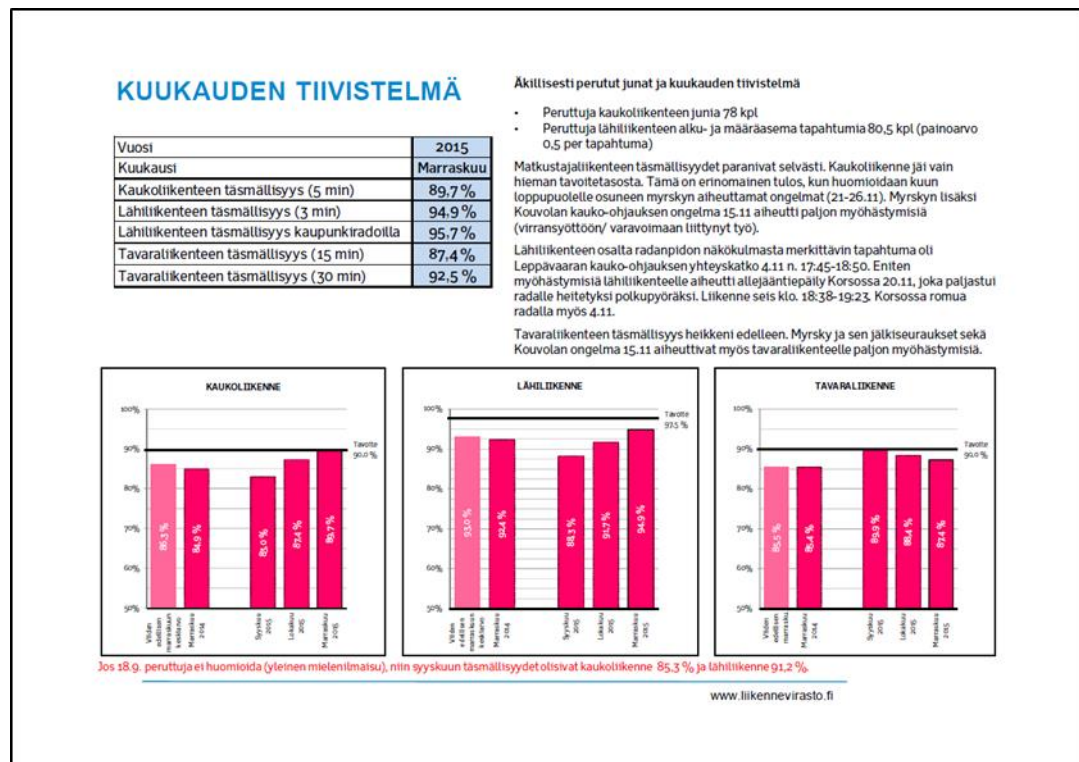
Vanha syykoodisto on tarkoitus korvata uudella koodistolla alkuvuoden 2017 aikana. On tosin huomioitava, että syykoodiuudistus on käynnistetty liikenteenohjauksen näkökulmasta ja kirjausprosessista eikä siinä oteta huomioon matkustajanäkökulmaa. Myöhästymissyiden kirjaamisella ei päästä käsiksi matkustajille koituviin viivytyksiin, joita voi aiheutua esimerkiksi lähiliikenteen supistetun liikenteen tai poikkeuksellisen pysähtymiskäyttäytymisen johdosta. (VR Track 2016)

2.4 Täsmällisyyden raportointi

Liikennevirasto seuraa säännöllisesti rautatieliikenteen täsmällisyyttä yhdessä liikennöitsijän eli VR:n kanssa. Liikennevirasto julkaisee Internet-sivuillaan kuukausittain tiedot täsmällisyytilanteen kehittymisestä henkilökauko- ja lähiliikenteessä sekä lähiliikenteen kaupunkiradoilla. Lisäksi sivuilla raportoidaan radanpidon vaikutuksista täsmällisyyteen. Myös VR tiedottaa täsmällisyydestään omilla Internet-sivuillaan. Sivuille päivitetään kuukausittain tiedot kauko-, lähi- ja tavaraliikenteen täsmällisyydestä.

2.4.1 Kuukausittainen raportointi

Liikennevirasto tuottaa kuukausittain Microsoft PowerPoint-muodossa olevan täsmällisyyseraportin. Raportin alussa esitetään käsiteltävän kuukauden junaliikenteen täsmällisyyden yleiskuva henkilökauko-, lähi- ja tavaraliikenteen täsmällisyysprosenttien muodossa, tietoa äkillisesti perutuista junista ja tiivistelmä kuukauden tilanteesta ja täsmällisyyden kannalta merkittävimmistä tapahtumista (kuva 2.4). Raportin alussa esitetään myös pitkiä myöhästymisiä ja perumisia aiheuttaneiden turvalaitevikojen tarkempaa luokittelua ja kehitystä tammikuusta 2010 nykyhetkeen.



Kuva 2.4. Esimerkkikuva Liikenneviraston marraskuussa 2015 julkaiseman täsmällisyysraportin tiivistelmäosiosta (Liikennevirasto 2015b)

Tämän jälkeen raportissa esitetään tarkemmin tietoja henkilökaukoliikenteen täsmällisyydestä tarkasteltavan kuukauden osalta. Henkilökaukoliikenneosiossa kuvataan

- täsmällisyyden kehitystä kuukausitasolla
- tarkasteltavan kuukauden täsmällisyyden päivittäistä kehitystä
- primäärisiä myöhästymisminuutteja rataosittain (seurantavälit ja liikennepaikat, joissa eniten myöhästymisiä) ja myöhästymisminuuttien syyjakaumaa
- sekundäärisiä myöhästymisminuutteja rataosittain ja myöhästymisminuuttien syyjakaumaa
- radanpidosta johtuvia myöhästymisminuutteja rataosittain ja myöhästymisminuuttien syyjakaumaa
- primääristen myöhästymisminuuttien jakaumaa syyluokille kuukausittain
- radanpidon vuoksi myöhästyneiden junien prosentuaalista osuutta kaikista junista.

Henkilökaukoliikenneosion jälkeen raportissa käsitellään Helsingin seudun lähiliikenteen täsmällisyyden tilaa. Lähiliikenneosiossa tarkastellaan vastaavalla tavalla kuin henkilökaukoliikenneosiossakin

- tarkasteltavan kuukauden täsmällisyyden päivittäistä kehitystä
- primäärisiä ja sekundäärisiä myöhästymisminuutteja rataosittain
- radanpidosta aiheutuneita myöhästymisminuutteja rataosittain
- täsmällisyyden kehitystä kuukausitasolla Helsingin seudun lähiliikenteessä ja lähiliikenteen kaupunkiradoilla
- primäärisiä myöhästymisminuutteja syyluokittain

- radanpitoon sidonnaisia myöhästymisminuutteja ja radanpidon vuoksi myöhästyneiden junien prosentuaalista osuutta kaikista junista.

Lisäksi raportissa kuvataan tavaraliikenteen osalta täsmällisyyden kehitystä kuukausitasolla, päivittäistä täsmällisyyttä sekä Liikenneviraston kunnossapito- ja isännöintialueet karttapohjalla. Raportin lopussa on vielä esitetty aikataulupoikkeamissa käytettävä syykoodisto selitteineen.

VR Groupin vastaavassa täsmällisyyden kuukausiraportissa raportoidaan lähi-, kauko- ja tavaraliikenteen täsmällisyysluvuista käsiteltävän kuukauden osalta. Raportin alkuun kootaan tiivistelmä kuukauden keskeisimmistä tilastoista kommentteineen. Tiivistelmässä esitetään junalajeittain kuukauden täsmällisyyden keskiarvot sekä verrataan edellisvuoden vastaavan ajankohdan lukemaan. Tiivistelmässä ilmoitetaan myös kyseisen kuukauden junamäärät ja Helsingin varikon lähtötäsmällisyydet junalajeittain. Tiivistelmän jälkeen raportissa pureudutaan tarkemmin lähi-, kauko- ja tavaraliikenteen täsmällisyystilastoihin. Lähiliikenneosiossa esitetään

- käsiteltävän kuukauden päiväkohtaiset täsmällisyydet, täsmällisyys linjoittain ja täsmällisyyden kuukausittainen kehitys helmikuusta 2014 nykyhetkeen
- peruttujen junien päiväkohtaiset lukumäärät ja kuukausittainen kehitys helmikuusta 2014 nykyhetkeen, Helsingin varikon päiväkohtaiset lähtötäsmällisyydet ja kuukausittainen kehitys helmikuusta 2014 nykyhetkeen
- täsmällisyys tunneittain ja myöhästymisten syyt syyryhmittäin, minuuttiosuuksittain ja lukumäärittäin.

Vastaavat tilastot esitetään raportissa myös kaukoliikenteen osalta. Lisäksi kaukoliikenneosiossa tarkastellaan junien täsmällisyyttä junatyypeittäin ja nostetaan erikseen esille merkittävien junien täsmällisyydet. Osana kaukoliikenneosiota on myös Venäjän liikenteen tarkastelu, jossa esitetään erikseen sekä Allegron että Tolstoin päiväkohtaisia täsmällisyyksiä sekä kuukausittaista kehitystä helmikuusta 2014 nykyhetkeen. Lisäksi VR Groupin kuukausiraportissa raportoidaan tavaraliikenteen osalta

- käsiteltävän kuukauden päiväkohtaiset määrä- ja lähtöasematäsmällisyydet ja kuukausittainen kehitys helmikuusta 2014 nykyhetkeen
- täsmällisyys junatyypeittäin
- etuajassakulun prosentuaalista osuutta junista ja etuajassakulun kuukausittaista kehitystä helmikuusta 2014 nykyhetkeen sekä myöhässä- ja etuajassakulku luokittain määrä- ja lähtöasemalla
- mäkeenjäännit ja mäkeenjääntien kuukausittainen kehitys helmikuusta 2014 nykyhetkeen
- myöhästymisten syyt syyryhmittäin, minuuttiosuuksittain ja lukumäärittäin.

2.4.2 Vuosittainen raportointi

Liikenneviraston vuosittaisessa tilinpäätöksessä raportoidaan lyhyesti myös rautatieliikenteen täsmällisyydestä kuluneen vuoden osalta. Raportissa peilataan täsmällisyyden nykytilaa ja eri junalajien täsmällisyyksien kehitystä edellisten vuosien tasoon. Tiivistelmässä nostetaan esille myös kuluneena vuonna täsmällisyyteen merkittävimmin vaikuttaneet tapahtumat.

VR Groupin vuosiraportissa kuluneen vuoden täsmällisyyttä käsitellään omana lukuun. Kyseisessä luvussa esitetään kauko-, lähi- ja tavaraliikenteen täsmällisyydet ja täsmällisyyden kehitystä menneiltä vuosilta. Osiossa on täsmällisyydslukujen lisäksi kirjallisesti raportoituna myös täsmällisyyteen merkittävimmin vaikuttaneet tapahtumat ja häiriötilanteet kuluneen vuoden ajalta.

3. MATKUSTAJANÄKÖKULMA RAUTATIELIIKENTEEN TÄSMÄLLISYYDESSÄ

3.1 Nykyisen täsmällisyysmittarin puutteet

Täsmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä, joita ei nykyisellään täsmällisyyden mittauksessa oteta huomioon, on tunnistettu olevan monia. Kaikkia mahdollisia tekijöitä ei välttämättä ole mahdollista ottaa suoraan huomioon täsmällisyyden mittauksessa, mutta niiden vaikutukset tulisi sisällyttää ainakin täsmällisyystavoitteisiin. Nykyinen junien kulkuun perustuva täsmällisyysmittari ei ota huomioon esimerkiksi

- verkoston kapasiteetin käyttöastetta
- aikataulurakennetta ja pelivaraa
- matkustajamääriä
- tilapäisiä nopeusrajoituksia ja ratatöitä
- kaluston laatua, kuntoa ja huoltoa
- liikennöinnin prioriteettisääntöjä. (Salkonen 2008)

Keliolosuhteiden vaikutusta täsmällisyyteen on kansainvälisesti tutkittu ja tulosten mukaan olisi perusteltua mitata täsmällisyyttä kesällä ja talvella eri mittausperusteilla tai raja-arvoilla. Täsmällisyystavoitteiden asettamisessa voidaan ottaa huomioon myös vuodenajalle ominaiset toimintamahdollisuudet. Vuodenaikojen yksilöllisten täsmällisyyksien mittaamisen ohella on tunnistettu tarve jakaa täsmällisyyden tarkastelua myös junatyypeittäin, sillä erilaisten junien täsmällisyys on eritasoista. Nykyisessä mittarissa kaiken tyyppisten henkilökauliikennejunien täsmällisyyttä mitataan samoin perustein. Mittarissa ei ole eritelty kauko- ja lähiliikenteen lisäksi erityyppisiä junia, vaikka ne palvelu- ja hintatasoltaan eroavat toisistaan ja niiden täsmällisyyden seuranta toteutetaan erikseen. (Salkonen 2008)

Nykyisen mittarin tilastoitava yksikkö on juna, jolloin täsmällisyyttä suhteessa liikenteeseen tai matkustajamääriin ei esitetä. Matkustajamäärät vaihtelevat matkan aikana, eivätkä matkustajamäärät ole kaikissa tapauksissa määräasemalla yhtä merkittävät kuin väliasemilla tai matkan aikana yhteensä. Matkustajamäärätiedon poissaolo koskee koko matkaa, eikä pelkästään määräasemalle lisättävä matkustajapainotus poista tätä mittarin puutetta. Rataverkon liikenteen määrä vaikuttaa täsmällisyyteen erityisesti sekundääristen myöhästymisten kautta. (Salkonen 2008)

Kansainvälisesti vertailtuna täsmällisyysmittarissa on havaittu puute, joka koskee suomalaisen mittarin lisäksi montaa muutakin eurooppalaista täsmällisyysmittaria:

täsmällisyyttä mitataan vain yhdellä raja-arvolla. Esimerkiksi kaikki yksittäisen raja-arvon ylittävät myöhästymiset kirjataan samanarvoisina myöhästymisen suuruudesta huolimatta. Lisäksi täsmällisyysmittari ei seuraa myöhästymisiä, jotka ovat raja-arvoa alempia. Nykyisenkaltaisella täsmällisyysprosentilla ei saada täsmällistä kuvaa erikestoista myöhästymisistä ja niiden vaikutuksista. Täsmällisyystasoa kuvaava tunnusluku antaa siten rautatieliikenteestä todellisuutta positiivisemmän kuvan. Täsmällisyysmittarissa tulisi huomioida myös kokonaismyöhästymisminuutit. Myöhästymisminuutit on erityisen tärkeää suhteuttaa liikenteeseen, sillä liikenteen kasvun myötä myös kokonaismyöhästymisminuutit kasvavat. Esimerkiksi keskimääräinen myöhästymisminuuttimäärä huomioi myös liikenteen määrän. (Salkonen 2008)

Yleisesti täsmällisyysmittareiden puutteena pidetään myös niiden huonoa vertailukelpoisuutta kansainvälisesti. Kansainvälisten yhteisten normien puuttuessa jokainen maa on kehittänyt omat mittausperusteensa ja sovelluksensa. Täsmällisyysmittaria kehitettäessä tulisi ottaa huomioon yhteneväisyys kansainvälisesti. Mittausperusteiden ei välttämättä tarvitse olla yhtenevät kaikissa maissa, mutta tietynlaiset yhteiset kansainväliset perusteet tulisi yksinkertaisimmille perustietoa tuottaville mittareille määrittää. (Salkonen 2008)

Tutkimukset osoittavat, että henkilökaukoliikenteessä täsmällisyystilanne paranee määränpääasemaa lähestyttäessä. Tämän perusteella määräasematäsmällisyys saattaa olla parempi kuin täsmällisyys matkan aikana. Tutkimusten perusteella pelkkä määräasematäsmällisyys antaa virheellisen koko täsmällisyydestä. Virheellinen kuva voi muodostua esimerkiksi silloin, kun juna on ollut myöhässä useimmilla asemilla matkan aikana, mutta saanut kuitenkin aikataulun kiinni ennen määräasemaa. Tällöin myös merkittävä osa matkustajavirrasta on ollut myöhässä saapumisasemallaan, mutta nämä myöhästymiset eivät ole kirjautuneet mittariin. (Salkonen 2008)

Suomalaisen mittarin heikkoutena onkin, ettei myöhästyminen matkan aikana vaikuta laskettavaan täsmällisyyteen. Matkustajavirratt eivät yleensä jakaudu homogeenisesti lähtö- ja määräasemien välille, vaan yksittäisen junan matkustajavirratt voivat olla merkittävimmät lyhyelläkin matkan osavälillä. Ongelma korostuu erityisesti pitkillä yhteysväleillä. (Olsson & Haugland 2004, Salkonen 2008) Täsmällisyyden heikentymän ja häiriöiden syyt ovat usein hyvin paikallisia, jolloin täsmällisyyttä tulisi tarkastella joka asemalla (Gelders et al. 2008).

3.2 Matkustajan kokema täsmällisyys

Rautatieliikenteen täsmällisyyden mittaus perustuu useissa maissa junien aikataulunmukaisen kulun seurantaan. Täsmällisyyden määritelmä ja mittaaminen eivät kuitenkaan ole täysin yksiselitteisiä vaan määritelmään ja mittaamiseen liittyy useita epävarmuus-

tekijöitä ja määrittelykysymyksiä. Tällaisia ovat muun muassa täsmällisyyden mittaus-tarkkuus ja seuranta-asemat, matkustajamäärän huomioon ottaminen täsmällisyydestä tarkastelussa, peruttujen junavuorojen huomioon ottaminen sekä myöhästymissyyn luotettava kirjaaminen. (Liikennevirasto 2012) Yksittäisen matkustajan kokemaa myöhästymistä ei seurata, vaikka yhtälailla matkustajien avulla mitattu täsmällisyys kuvaa suoriutumista. Suomessakaan matkustajien kokemaa täsmällisyyttä ei oteta huomioon täsmällisyyden tarkastelussa. Matkustajien kokeman täsmällisyyden mittaamiseen on kuitenkin tunnistettavissa moniakin eri tapoja. (Salkonen 2010)

Junien täsmällisyyteen perustuva mittari ei välttämättä anna oikeaa kuvaa matkustajien täsmällisyydestä, sillä täsmällisyyttä ei painoteta junien matkustajamäärillä (Liikennevirasto 2012). Junien täsmällisyydestä ei voida päätellä matkustajien täsmällisyyttä. Järjestelmäkeskeinen mittari ei esimerkiksi ota huomioon sitä, kuinka paljon matkustajia junassa on. Rataverkon kuormituksen ollessa suurimmillaan eli ruuhka-aikoina viiveet ketjuuntuvat helposti ja täsmällisyys on heikoimmillaan. Ruuhka-aikana matkustajia on luonnollisesti liikkeellä eniten ja ne junat, joissa on eniten matkustajia, ovat todennäköisimmin myöhässä. Tästä voitaneen päätellä matkustajatäsmällisyyden olevan keskimäärin huonompaa tasoa kuin junien täsmällisyys, vaikka tutkimustulokset aiheesta puuttuvat. (Paavilainen 2010)

Matkustajan matkan absoluuttinen täsmällisyys ei yksinään riitä kuvaamaan matkustajan täsmällisyyttä. Matkustajan kokema täsmällisyys ei ole sama asia kuin matkan minuuttimääräinen aikataulunmukainen toteutuminen. Sekä kotimaisissa että kansainvälisissä tutkimuksissa on havaittu, että täsmällisyyskokemukseen vaikuttaa voimakkaasti esimerkiksi se, miten mahdollisissa myöhästymistilanteissa toimitaan. Myöhästyminen ei välttämättä haittaa matkustajaa, mikäli siitä tiedotetaan asiallisesti ja kerrotaan myöhästymisen vaikutuksista jatkoyhteyksiin. (Paavilainen 2010)

Matkustajan näkökulmasta täsmällisyys on subjektiivinen käsite. Yleensä täsmällisyys arvioidaan matkustajien näkökulmasta heikommaksi kuin mitä se todellisuudessa on (Rudnicki 1997). Erilaisilla matkustajilla on erilaisia odotuksia matka-ajan täsmällisyyden suhteen, joten myös täsmällisyyskokemus on erilainen eri matkustajilla (Paavilainen 2010).

Henkilöliikenteessä matkustajat voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: säännöllisesti ja satunnaisesti matkustaviin. Matkustamisen säännöllisyyden eroavaisuuksien johdosta kyseisten ryhmien täsmällisyyden tietotarpeet eroavat hieman toisistaan. Säännöllisesti junalla matkustavat, tyypillisimmin työ- tai koulumatkalaiset, voidaan esimerkiksi olettaa tuntevan käyttämiensä junien vakioaikataulut ulkoa. Sen sijaan satunnaiset matkustajat eivät välttämättä tunne juna-aikatauluja tai matka-aikoja ulkoa, sillä he eivät matkusta säännönmukaisesti junalla. (Paavilainen et al. 2011) Säännöllisesti matkustavien on todettu suhtautuvan matkaansa satunnaisia matkustajia realistisemmin. Toisaalta säännöllisesti matkustavilla vaatimukset täsmällisyyden suhteen ovat suuremmat kuin

satunnaisesti matkustavilla. Myös matkan pituudella on vaikutusta matkustajien täsmällisyysodotuksiin (Rudnicki 1997, Paavilainen 2010).

Rautatieliikenteessä tilastollinen aikataulunmukaisuus ja keskimääräinen myöhästyminen kuvaavat vain osittain koettua palvelutasoa ja viivytyksistä aiheutunutta matka-ajan pitenemistä. Matkustajakokemuksia painottava tarkastelu tarjoaa huomattavasti paremman kuvan epätasällisuuden vaikutuksista erilaisten matkustajaryhmien keskuudessa. Matkustajakokemukset kuvaavat matkustajien kokemaa, oletamaa ja edellyttämää täsmällisyyttä eri tilanteissa. Matkustajan kokemaan täsmällisyyteen vaikuttavat muun muassa

- yksilölliset tekijät (elämänvaihe, asumisvalinnat, kulutustottumukset, ajankäyttötottumukset, vaihtoehtoiset kulkutavat jne.)
- matkustustiheys (satunnainen/säännöllinen matkustaja)
- matkan tarkoitus (työmatka, vapaa-ajan matka jne.)
- mahdollisuus matka-ajan hyödyntämiseen (työnteko, lukeminen, nukkuminen jne.)
- matkan pituus
- epätasällisuuden syy (esimerkiksi poikkeukselliset sääolosuhteet, liikenneonnettomuudet jne.)
- mahdollisuus vaihtoehtoisten kulkutapojen käyttöön. (Kalenoja et al. 2013)

Matkustajien kokeman täsmällisyyden lisäksi olennaista on selvittää, millä tavalla täsmällisyyden kokeminen vaikuttaa matkustajien matkapäätöksiin. Junaliikenteen epätasällisuus ja epävarmuus aikataulujen luotettavuudesta voi heijastua kulkutavan valinnan lisäksi myös odotettuun matka-aikaan esimerkiksi silloin, kun matkustaja pyrkii valitsemaan aikaisemman yhteyden ja koettu kokonaismatka-aika pitenee huomattavasti. Vaikutukset eri matka- ja matkustajaryhmissä ovat erilaisia ja tietoa täsmällisyyden vaikutuksista eri matkustajaryhmien matkapäätöksiin on tällä hetkellä saatavilla vain vähän. (Kalenoja et al. 2013)

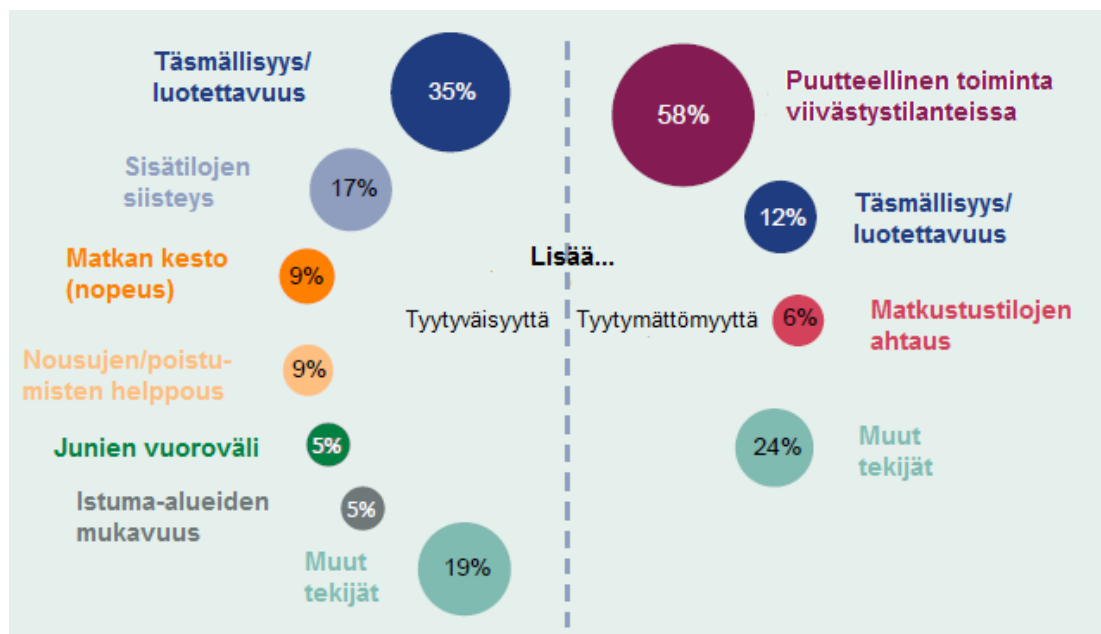
3.3 Esimerkkejä matkustajatäsmällisyyttä käsittelevistä tutkimuksista ja käytännöistä muissa maissa

Rautatieliikenteen matkustajanäkökulmaa käsitteleviä tutkimuksia ja käytäntöjä on poimittavissa useasta eri Euroopan maasta. Monissa maissa matkustajanäkökulman huomioon ottaminen rautatieliikenteessä ja sen täsmällisyydessä on rajoittunut kuitenkin pelkästään matkustajien tyytyväisyyskyselyihin. Esimerkiksi Nathanail (2008) on todennut, että matkustajatytyväisyys mittaa koettua palvelua, mutta matkustajien kokemukset eivät kuitenkaan aina ole optimaalisin tapa kuvata rautatieliikenteen toiminnan laatua ja täsmällisyyttä. Matkustajatytyväisyyskyselyiden avulla voidaan selvittää koettua täsmällisyyttä, mutta koettu täsmällisyys on todella yksilöllistä (luku 3.2) eikä kuvaa objektiivisesti täsmällisyyden todellista tasoa.

Esimerkiksi Iso-Britanniassa Transport Focus järjestää vuosittain rautatieliikenteen matkustajatytyväisyyskyselyn, johon osallistuu 50 000 vastaajaa. Kyselyn avulla luodaan koko rataverkon kattava kuva matkustajien tyytyväisyydestä rautatieliikenteeseen. Kyselyssä pyydetään matkustajilta kommentteja muun muassa häiriötilanteissa toimimisen laatuun ja henkilökohtaisesti koettuun täsmällisyyteen.

Vuonna 2015 teetetyssä kyselyssä (Transport Focus 2015a) selvitettiin matkustajien mielteitä junaliikenteen toiminnasta eli täsmällisyydestä ja peruutuksista sekä ajatuksia siitä, miten junaliikenteen laatua tulisi mitata. Kyselyn mukaan matkustajat toivovat täsmällisyyttä mitattavan kaikilla asemilla eikä pelkästään määräasemalla. Tutkimuksessa myös selvitettiin olisiko parempi mitata junien sijasta aikataulussa saapuvia matkustajia. Osa vastaajista piti ajatusta houkuttelevana toden, että se saattaisi kannustaa junayhtiöitä operoimaan paremmin aikataulussaan. Toisaalta vastaajien mielestä kaikkia junia tulisi tukea tasapuolisesti täsmällisyytavoitteissaan. Vastaajat olivatkin yksimielisiä siitä, ettei vähemmän kuormitetumpia junia tai niiden matkustajia tulisi pitää vähemmän tärkeämpänä täsmällisyyttä tarkasteltaessa.

Vastaavasti Rail Executiven (2016) julkaisemassa kalvosarjassa on kuvattu junamatkustajien vuosittaista matkustussuoritetta, -käyttäytymistä ja -tyytyväisyyttä. Tarkasteluun ei ole sisällytetty mukaan metro-, pikaraitiotie- tai raitiovaunuliikennettä, vaan keskiössä ovat pelkästään henkilökaiko- ja lähiliikenne. Kalvosarjan mukaan selvästi eniten, kaikkiaan 32 %, kaikista junaliikennettä koskevista valituksista kohdistui junien täsmällisyyteen ja luotettavuuteen. On havaittu, että jokainen myöhästymisminuutti alentaa matkustajien kokonaistyytyväisyyttä rautatieliikenteeseen 1,5 % ja tyytyväisyyttä täsmällisyyteen 3 %. Kuvassa 3.1 on esitetty kalvosarjan mukaan matkustajien mielestä tärkeimmät rautatieliikenteessä matkustustyytyväisyyttä ja -tyytymättömyyttä lisäävät tekijät.



Kuva 3.1. Junamatkustajien matkustustyytyväisyyteen ja -tyytymättömyyteen vaikuttavat tekijät (Rail Executive 2016)

Matkustajien matkustustyytyväisyyteen vaikuttavat monet eri tekijät. Tutkimuksen mukaan matkustajien kokonaisvaltaiseen tyytyväisyyteen tunnistettiin vaikuttavan eniten junien täsmällisyys ja se, miten junayhtiöt toimivat mahdollisissa viivästystilanteissa. Junien aikataulunmukaisuus oli suurin yksittäinen tyytyväisyyttä lisäävä syy. Sen sijaan heikentyneellä täsmällisyydellä ei koettu olevan niin suurta negatiivista vaikutusta matkustajien tyytyväisyyteen. Merkittävämpää junien heikentyneen täsmällisyyden sijasta oli se, miten matkustajille tiedotetaan mahdollisista häiriötilanteista.

Vaihtoehtoisena tapana huomioida matkustajanäkökulma täsmällisyyden seurannassa on painottaa eri vuorokaudenaikojen junavuoroja erilaisilla kertoimilla. Esimerkiksi Belgiassa maan rautatieinfrastruktuurin ylläpitäjä Infrabel julkaisee kuukausittaisissa täsmällisyysraporteissaan myös matkustajamäärät huomioivan täsmällisyysprosentin. Vuodesta 2008 lähtien yhtiö on raportoinut matkustajatäsmällisyydestä kuvataksaan paremmin junamatkustajien todellista täsmällisyyttä. Yhtiöllä ei ole käytettävissään tarkkoja matkustajamäärätietoja, mutta matkustajamäärällisesti kuormitetumpia junia painotetaan täsmällisyystarkkailussa enemmän suhteessa ruuhka-aikojen ulkopuolisiin vähemmän kuormitetuimpiin juniin. (Infrabel 2016) Ruuhka-aikojen suurempien kertoimien johdosta ruuhka-aikojen vuoroilla on suhteessa merkittävämpi vaikutus täsmällisyydlukemaan kuin muilla vuoroilla. Menetelmä ei anna täysin oikeata kuvaa matkustajien täsmällisyydestä, mutta kuvaa matkustajien täsmällisyyttä selkeästi paremmin kuin pelkkä junien kulun täsmällisyys.

Optimaalisin tapa matkustajatäsmällisyyden mittaamiseen on tutkia junien tavoin matkustajien liikettä rataverkolla. Tällöin tarvitaan junien kulun ohella tietoa myös matkustajamäärästä eli asemilla nousevien sekä poistuvien matkustajien lukumäärästä. Varsi-

naisia matkustajamääriin perustuvia täsmällisyyden mittausten menetelmiä ei Alankomaita, Sveitsiä ja Tanskan Kööpenhaminan lähiliikennettä lukuun ottamatta ole raportoitu olevan muissa Euroopan maissa käytössä. Kyseisten maiden harjoittamassa täsmällisyyden seurannassa on matkustajatäsmällisyys eroteltu selkeästi omaksi kategoriakseen. Matkustajatäsmällisyyden mittaaminen ei näissäkään maissa perustu vielä tällä hetkellä tarkkoihin matkustajamäärätietoihin, vaan puuttuvaa tietoa on kompensoitu erilaisin matkustajamääräennustein. Seuraavissa luvuissa on esitelty tarkemmin kyseisten maiden matkustajatäsmällisyyden mittauskäytäntöjä: miten matkustajanäkökulma on otettu osaksi rautatieliikenteen täsmällisyyden seurantaa ja miten matkustajamääräennusteisiin pohjautuen rautatieliikenteen matkustajatäsmällisyyttä mitataan.

3.3.1 Alankomaat

Alankomaissa rautateiden liikennöinnistä vastaa valtio-omisteinen NS (Nederlandse Spoorwegen). NS on hyvin matkustajalähtöinen ja painottaa kaikessa toiminnassaan matkustajien näkökulmaa. Yhtiön mukaan olennaista ei ole se, että junat kulkevat ajallaan asetettujen tavoitteiden ja marginaalien mukaisesti, vaan että matkustajat saapuvat määränpäähänsä aikataulussa. (Nederlandse Spoorwegen 2015) Alankomaat onkin yksi harvoista maista, joissa junien kulun täsmällisyyden ohella mitataan myös matkustajien täsmällisyyttä. Kansallinen NS on asettanut matkustajat ykkösprioriteetiksi, mikä on osaltaan johtanut mahdollisimman korkeatasoisen matkustajatäsmällisyyden tavoittelemiseen.

Alankomaissa, kuten muissakin maissa, alkujaan ongelmana oli perinteinen junien kulun täsmällisyysmittari, joka ei huomioinut peruttuja junia eikä matkustajamääriä. Peruttujen junien huomioimatta jättäminen oli perusteltua, sillä ne eivät voineet olla aikataulustaan myöhässä, jolloin niitä ei tulisi huomioida täsmällisyyden mittaamisessa. Kuitenkin matkustajat, jotka olivat aikeissa matkustaa perutulla junavuorolla joutuivat odottamaan seuraavaa vuoroa. Matkustajamäärien huomioimatta jättäminen taas antoi osaltaan virheellisen kuvan junien täsmällisyydestä, sillä täynnä olevalla ruuhka-ajan junavuorolla tulisi olla suurempi merkitys täsmällisyyden kannalta verrattaessa esimerkiksi lähes tyhjänä kulkevaan iltajunaan. Kuitenkin perinteisessä mittarissa nämä tapaukset painottuivat samanarvoisina. (Wolters 2016)

Junien kulun täsmällisyysmittari ei myöskään kattanut kaikkia rataverkon asemia. Alankomaissa on yli 350 juna-asemaa, mutta näistä vain 35:llä asemalla mitattiin junien myöhästymisiä. Koska järjestelmä kattoi vain murto-osan rataverkon asemista, kuvasi se virheellisesti junien täsmällisyyttä. Esimerkiksi junat saattoivat olla myöhässä matkan varrella, mutta kiriä aikaa kiinni ja saapua määräasemalleen aikataulunmukaisesti. Matkan varrella poistuneet matkustajat olivat myöhässä aikataulustaan, mutta mittausasemien vähäisen lukumäärän johdosta ei väliasemien myöhästymisiä kirjautunut järjestelmään. Vastaavasti oli myös mahdollista, että juna kulki lähes koko matkan aikataulussa, mutta myöhästyi määräasemaltaan. Tällöin juna

kirjattiin myöhästyneeksi, vaikka matkustajat olivat määräasemaa lukuunottamatta poistuneet junasta aikataulunmukaisesti. (Wolters 2016)

Tämän johdosta NS otti vuonna 2011 käyttöön uuden matkustajatäsmällisyyttä kuvaavan mittarin, joka ilmoittaa niiden matkustajien osuuden, jotka ovat määränpääasemalleen saapuessaan alle viisi minuuttia aikataulustaan myöhässä. NS on määrittänyt mittarin kuvaavan sitä prosentuaalista osuutta kaikista matkustajista, joiden matkan voidaan katsoa ”onnistuneeksi”. Onnistuneella matkalla tarkoitetaan tilannetta, jossa junavuoroa ei peruttu, juna saapui määritetyn aikarajan puitteissa määräasemalleen ja mahdollinen vaihtoyhteys onnistui. On huomioitavaa, ettei nykyinen matkustatäsmällisyysmittari kuitenkaan huomioi kaikkia mahdollisia junavuoroja, sillä tarkastelu rajoittuu pelkästään päärautatieverkostoon. Tällöin esimerkiksi seudulliset linjat jäävät tarkastelun ulkopuolelle. (Wolters 2016)

Matkustajatäsmällisyyden mittaamisessa hyödynnetään junien kulkutietoja ja matkustajamääräennusteita. Matkustajatäsmällisyys ($PP_{current}$) määritetään seuraavan kaavan avulla:

$$PP_{current} = \frac{A_{actual} + T_{actual}}{A_{scheduled} + T_{scheduled}}.$$

Kaavassa termeillä A_{actual} ja $A_{scheduled}$ tarkoitetaan tietyn ajanjakson aikana asemalle täsmällisesti saapuvien matkustajien todellista ja ennustettua lukumäärää. Vastaavasti termeillä T_{actual} ja $T_{scheduled}$ kuvataan vastaavana ajankohtana asemalla täsmällisesti vaihtoyhteyksiä käyttävien matkustajien todellista ja ennustettua lukumäärää. Asemalle saapuvien matkustajien ennustettu kokonaismäärä pohjautuu alkuperäisten aikataulujen mukaisiin junavuoroihin, joita mitataan 35 asemalla. Tarkkaa tietoa matkustajien kokonaismäärästä ei ole, joten tämän vuoksi lukema perustuu ennusteisiin. Ennustettu saapuvien matkustajien kokonaismäärä on määritetty kertomalla aikataulutettujen junavuorojen saapumisten lukumäärä odotetulla matkustajien junakohtaisella lukumäärällä. Mikäli yksittäiselle junavuorolle ei syystä tai toisesta ole ennustetta olemassa, käytetään vakioarvona 150 matkustajaa. Asemalle saapuvien matkustajien täsmällisyys saadaan siis jakamalla täsmällisten junavuorojen ennustettu kokonaismatkustajamäärä kaikkien aikataulutettujen junavuorojen ennustetulla kokonaismatkustajamäärällä. (Wolters 2016)

Matkustajatäsmällisyyden kaavassa on huomioitu asemalle saapuvien matkustajien lisäksi myös asemilla junaa vaihtavat matkustajat. Vaihtoyhteys katsotaan suunnitelluksi, mikäli edeltävä juna saapuu asemalle 2-7 minuuttia ennen vaihtoyhteysjunan aikataulunmukaista lähtöaikaa, ja toteutuneeksi, kun kumpaakaan junista ei peruttu. Vaihtoyhteyksiä käyttävien matkustajien tarkka lukumäärä ei ole tiedossa, jolloin myös tässä tapauksessa käytetään apuna ennusteita. Ennusteet vaihtelevat vuorokaudenajan ja junatyypin mukaan. Vuorokaudenajan ja junatyypin perusteella määritetään vaihtoyhteyksisille matkoille tietty osuus kaikista matkoista.

Tämä prosentuaalinen osuus kerrotaan asemalle saapuvien matkustajien ennustetulla kokonaismäärällä, jolloin saadaan arvio vaihtoyhteyksiä käyttävien matkustajien kokonaismäärästä. Mikäli vaihtoyhteyksien prosentuaalista osuutta ei tiedetä, käytetään vakioarvona yhtä matkustajaa yksittäistä vaihtoyhteyttä kohti. (Wolters 2016)

NS on lisäksi asettanut vaihtoyhteyksille minimiaikarajan, jonka matkustajan oletetaan tarvitsevan vaihtaessaan junasta toiseen. Vaihtoyhteys katsotaan onnistuneeksi, mikäli saapuvan ja lähtevän junan välinen minimiaikaraja toteutuu. Tällöin onnistuneet vaihtoyhteydet kerrotaan ennustetuilla matkustajamäärillä, jolloin saadaan arvio vaihtoyhteyksiä käyttävien matkustajien todellisesta lukumäärästä. Mikäli ennustetta ei ole käytettävissä, käytetään tässäkin tapauksessa vakioarvona yhtä matkustajaa yksittäistä vaihtoyhteyttä kohti. (Wolters 2016) Vastaavalla tavalla kuin asemilla saapuvien matkustajien kohdalla, myös vaihtomatikustajien täsmällisyyden määrittämiseksi verrataan onnistuneiden vaihtoyhteyksien ennustettuja kokonaismatikustajamääriä kaikkien mahdollisten vaihtoyhteyksien ennustettuihin kokonaismatikustajamääriin.

Mallissa käytetyt aikataulut vastaavat 48 tuntia ennen mittauspäivää määritettyjä aikatauluja. Tämän johdosta mahdolliset aikataulujen muutokset ja junien peruutukset päivää ennen tai itse mittauspäivänä vaikuttavat negatiivisesti täsmällisyyteen. Malli ei myöskään huomioi mahdollisia reitinvalintoja, sillä matkustajamääräennusteet perustuvat normaaliin liikennetilanteeseen. Mikäli siis poikkeustilanteessa matkustajilla on mahdollisuus valita vaihtoehtoinen reitti samaan määränpäähän päästäkseen, malli olettaa matkustajien käyttävän edelleen alkuperäistä yhteysväliä. Tällöin matkustajien täsmällisyys on todellisuudessa vaihtoehtoisen yhteysvälin ansiosta parempi kuin mitä mallista saatava lukuarvo antaa ymmärtää. (Wolters 2016)

Vastaavia matkustajamääräennusteihin pohjautuvia malleja on käytössä myös esimerkiksi Sveitsin rautatieliikenteessä ja Kööpenhaminan lähiliikenteessä. Menetelmän selkeänä heikkoutena on se, ettei mallissa ole käytettävissä oikeata matkustajamäärätietoa. Matkustajamääräennusteita hyödyntävän mallin luotettavuus perustuu siis ennusteiden luotettavuuteen. Epätarkkuutta aiheutuu myös matkustajien laskentamenetelmästä, sillä malli huomioi asemalle saapuvien lisäksi myös vaihtomatikustajat. Tällöin osa matkustajista tulee lasketuksi ainakin kahteen otteeseen. Lisäksi vaihtomatikustajien lukumäärä määritetään prosentuaalisena osuutena kaikista matkustajista. Näiden tekijöiden johdosta mallista saatu täsmällisyyden lukuarvo ei kuvaa täysin täsmällisyyden oikeaa tilannetta. Mallin avulla ei myöskään saada kuvaa matkustajatäsmällisyydestä koko rataverkon osalta, sillä täsmällisyyden seurannassa on tällä hetkellä käytössä edelleen vain 35 seuranta-asemaa. (Wolters 2016)

Edellisten ongelmakohtien vuoksi NS on tällä hetkellä kehittämässä uutta matkustajatäsmällisyyttä mittaavaa menetelmää, jonka tarkoituksena on korjata nykyisen täsmällisyysmittarin puutteet (NS 2014). Uudessa menetelmässä

hyödynnetään Alankomaiden joukkoliikenteessä käytössä olevia älykkäitä matkakortteja (OV-chipkaart). Sekä noustessaan junaan että poistuessaan junasta matkustajan tulee leimata korttinsa kortinlukijaan, jolloin kyseisen hetken sijainti- ja aikatiedot tallentuvat järjestelmään. Tällöin saadaan reittitietojen ohella tietoa myös yksittäiselle asemalle suuntautuvien matkojen lukumäärästä ja matkustajavirtojen painottumisesta. (Wolters 2016)

Tarkkojen matkustajamäärien ollessa tiedossa voidaan matkustajatäsmällisyys määrittää asemakohtaisesti asemalla aikataulunmukaisesti poistuvien matkustajien ja kokonaispoistujamäärän suhteella. Aikataulunmukaisesti poistuvien matkustajien lukumäärä saadaan määritettyä matkakorttien leimausten avulla. Järjestelmä määrittää leimattujen lähtö- ja määräasemien perusteella aikaisimman mahdollisen saapumisajan määräasemalle lähtöaseman lähtöajan perusteella. Määritettyä aikaisimpaa mahdollista saapumisaikaa verrataan määräasemaleimauksista saataviin aikatietoihin eli toteutuneeseen saapumisaikaan. Näiden aikojen erotuksesta saadaan selville mahdollisen myöhästymisen suuruus. (Wolters 2016)

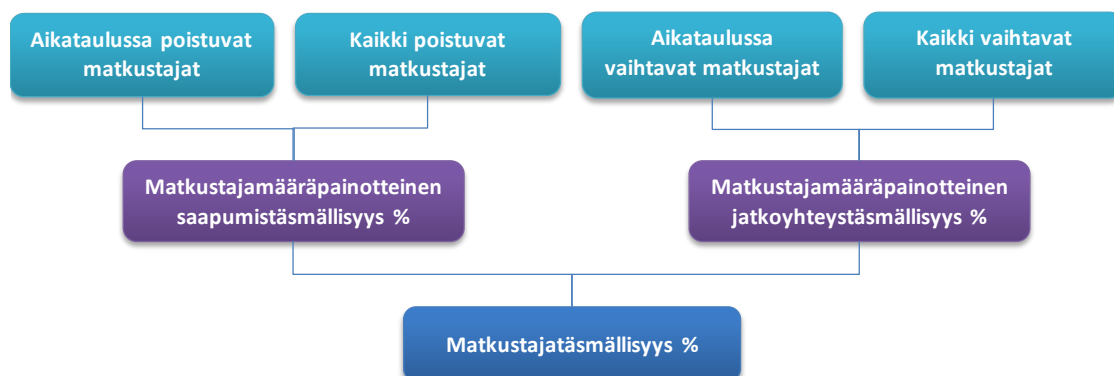
Käyttöönottaessa uusi älykkäitä matkakortteja hyödyntävä matkustajatäsmällisyyden mittaamenetelmä korjaa kaikki edellä mainitut alkuperäisen mittarin puutteet. Jokaista matkaa verrataan aikatauluihin, jolloin myös perutut junat otetaan huomioon. Matkakorttien ansiosta suurimmaksi osaksi matkustajamäärät ja vaihtomatrustajien osuudet ovat tiedossa. Lisäksi matkakortit mahdollistavat myöhästymisten mittaamisen jokaisella asemalla, eikä mittaus rajoitu täten pelkästään alkuperäisille 35 mittausasemalle. (Wolters 2016) Verrattaessa nykyiseen matkustajatäsmällisyysmittariin voidaan uuden mittarin todeta käyttöönottaessan antavan selkeästi totuudenmukaisemman kuvan matkustajien täsmällisyydestä.

3.3.2 Sveitsi

Alankomaiden ohella myös Sveitsin rautatieliikenteessä on vuodesta 2008 lähtien mitattu junien kulun täsmällisyyden lisäksi myös matkustajatäsmällisyyttä. Matkustajatäsmällisyys on tunnistettu ja nostettu yhdeksi tärkeimmistä tavoitteista koko SBB-konsernin (Swiss Federal Railways) sisällä. Täsmällisiksi katsotaan kuuluvaksi ne matkustajat, jotka saapuvat määräasemalleen kolmen minuutin sisällä aikataulunmukaisesta saapumisajasta. Matkustajatäsmällisyyden mittaamiseen ei Sveitsissä ole käytössä tarkkoja matkustajamäärätietoja lähtö- ja määräasemien väliltä, vaan mittarissa käytettävät matkustajamäärät perustuvat erilaisten tietomallien pohjalta laskettuihin keskimääräisiin matkustajavirtoihin. (Wolters 2016)

Sveitsissä rautatieliikenteen matkustajatäsmällisyys määräytyy matkustajamäärillä painotettujen saapumis- ja jatkoyhteystäsmällisyyksien perusteella (kuva 3.2). Junan saapuessa asemalle matkustajat jaetaan kolmeen eri ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä ovat ne matkustajat, jotka ovat saapuneet määräasemalleen ja poistuvat junasta. Poistu-

vat matkustajat huomioidaan matkustajamääräpainotteisessa saapumistäsmällisyydessä. Toiseen ryhmään kuuluvat ne matkustajat, jotka vaihtavat asemalla junasta toiseen. Näitä matkustajia puolestaan tarkastellaan matkustajamääräpainotteisessa jatkoyhteystäsmällisyydessä. Jäljelle jäävät ne matkustajat, jotka eivät poistu asemalla junasta, vaan jatkavat samassa junassa matkaansa asemalta eteenpäin. Asemalla olon aikana junassa pysyviä matkustajia ei luonnollisesti oteta huomioon täsmällisyystarkastelussa. (SBB 2012)



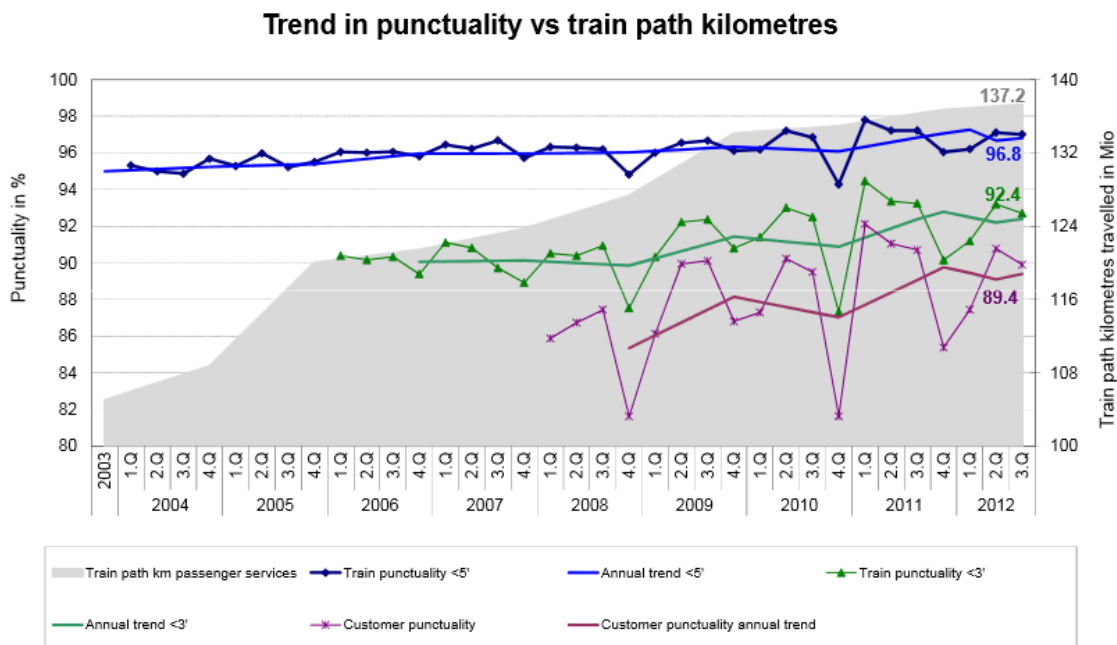
Kuva 3.2. Matkustajatäsmällisyyden määrittämisen periaate Sveitsin henkilökaukoliikenteessä (SBB 2012)

Matkustajatäsmällisyyttä määritettäessä aikataulussa poistuvien ja onnistuneesti vaihtavien matkustajien osuudesta vähennetään kaikkien vaihtavien matkustajien osuus ja verrataan poistuvien matkustajien kokonaismäärään. Tällöin saadaan muodostettua kuva todellisesta matkustajatäsmällisyydestä. Jatkoyhteystarkastelussa on huomioitu sekä lähi- että kaukoliikenteen junat. Saapumistäsmällisyydessä huomioidaan aikataulussa asemilla poistuvien matkustajien osuus kaikista matkustajista. Matkustajien saapumista ja jatkoyhteystäsmällisyyttä mitataan arkipäivisin 53 seuranta-asemalla. Matkustajatäsmällisyyttä on mahdollista seurata niin asemakohtaisesti, seutukohtaisesti kuin koko rataverkon laajuisesti. Arvioiden mukaan tarkastelu kattaa noin 90 % kaikista rataverkon junista. (SBB 2012, Wolters 2016)

Sveitsissä matkustajatäsmällisyyttä kuvataan myös matkustajamyöhästymisminuuttien (Reisendenverspätungsminuten, RVMin) avulla. Matkustajamyöhästymisminuuteissa on otettu huomioon junien asemakohtaisten myöhästymisminuuttien lisäksi myös ne matkustajat, jotka ovat jääneet kokonaan pois suunnitellusta junayhteydestään. Määränpäähän saapuvien matkustajien myöhästymisminuutit määräytyvät junan myöhästymisen suuruuden perusteella. Mikäli myöhässä olevan junan johdosta matkustajat myöhästyvät vaihtoyhteydestään tai juna perutaan kokonaan, kirjataan 30 minuutin myöhästyminen yksittäistä matkustajaa kohden. (SBB 2012)

Kuvassa 3.3 on esitetty Sveitsin kaukojenkäyttöliikenteen täsmällisyyden ja liikennesuorituksen kehitystä aikavälillä 2003–2012. Aikasarjassa on tarkasteltu junaliikenteen täs-

mällisyyden vuosittaista kehitystä liikennesuoritteen kehitykseen peilaten. Junien täsmällisyyttä on tarkasteltu erikseen kolmen ja viiden minuutin myöhästymisten raja-arvoilla. Aikasarjaan on lisätty myös vuodesta 2008 alkaen matkustajien täsmällisyyskuvaaja. Matkustajien täsmällisyydessä on myöhästymisille käytetty vastaavaa kolmen minuutin raja-arvoa.

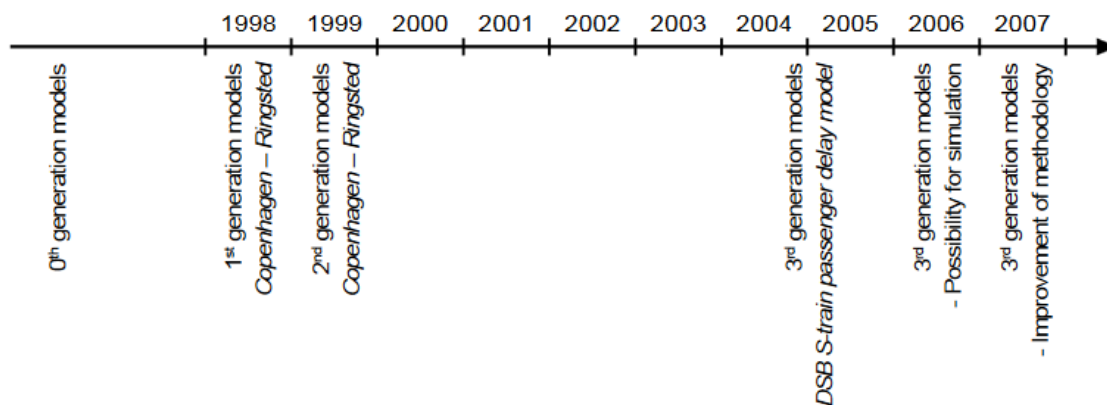


Kuva 3.3. Sveitsin henkilökaukoliikenteen junien ja matkustajien täsmällisyyksien sekä liikennesuoritteen kehitys vuosina 2003–2012 (SBB 2012)

Kuvaajasta huomataan, että junien ja matkustajien täsmällisyydet eroavat selkeästi toisistaan. Täsmällisyyksien kehityskäyrät mukailevat toinen toisiaan, mutta matkustajataśmällisyys on tarkasteluvuosina ollut aina vähintään muutaman prosenttiyksikön juni- en täsmällisyyttä heikompi. Kuvaajista onkin todennäköisesti pääteltävissä, että useimmissa tapauksissa myöhässä olevat junat ovat samalla olleet myös kaikista kuormite- tuimpia junia, mikä on osaltaan heikentänyt enemmän juuri matkustajatäsmällisyyttä suhteessa junien täsmällisyyteen.

3.3.3 Kööpenhaminan lähiliikenne

Alankomaissa ja Sveitsissä matkustajatäsmällisyyteen on keskitytty vasta viimeisen vuosikymmenen aikana, mutta Tanskassa on jo 1990-luvulta lähtien tutkittu matkustaji- en myöhästymisiä ja täsmällisyyttä osana infrastruktuurihankkeita. Käytössä on ollut erilaisia malleja, joista ensimmäinen, ns. ”nollan sukupolven malli” (0th generation model) otettiin käyttöön 1990-luvulla maan rautatieviranomaisen DSB:n (Danske Stats- baner) tilauksesta. (Landex 2008) Tanskassa kehitettyjen matkustajien myöhästymisiä ja täsmällisyyttä kuvaavien mallien käyttöönottojen ajankohtia on havainnollistettu kuvas- sa 3.4.



Kuva 3.4. Tanskassa kehitettyjen matkustajien myöhästymisiä ja täsmällisyyttä kuvaavien mallien kehitys- ja käyttöönottohistoria (Landex 2008)

DSB halusi tutkia kuinka aikataulunmukaisesti matkustajat matkustavat käyttäessään Kööpenhaminan lähiliikennettä. Tuloksena oli yksinkertaistettu malli, jossa matkustajien myöhästymisiä on mahdollista tutkailla joko olettamalla junien ja matkustajien myöhästymiset samanarvoisiksi tai kertomalla junien myöhästymiset junassa matkustavien tai asemilla poistuvien matkustajien lukumäärällä. Mikäli matkustajamyöhästymisten mittaaminen perustuu pelkästään junien myöhästymisiin, oletetaan tällöin, että matkustajat ovat jakautuneet tasaisesti eri juniin ja yhteysväleittäin. Tällöin on perusteltua arvioida matkustajien myöhästymisten noudattavan junien kulun täsmällisyyttä. (Landex 2008)

Mikäli on olemassa suuntaa antavaa tietoa junien matkustajamääristä tai asemakohtaisesti poistuvien matkustajien lukumäärästä, voidaan keskimääräisten matkustajamäärien perusteella painottaa junien myöhästymisiä. Tällöin junan myöhästymisen suuruus kerrotaan joko junassa matkustavien tai asemalla poistuvien matkustajien lukumäärällä. Menetelmä ei huomioi matkustajavirtojen volyymin vaihtelua esimerkiksi myöhästymisten johdosta eikä vaihtojen epäonnistumisia ja matkustajien mahdollisia muutoksia reitinvalinnoissa. Menetelmä on tosin tarkempi kuin pelkkä junien kulkuun perustuva mittari, sillä junien myöhästymisiä painotetaan keskimääräisillä matkustajamäärillä. Yhteistä näille malleille on kuitenkin se, että ne eivät sisällä aikatauluihin perustuvia reitinvalintamalleja, jolloin ne eivät huomioi myöhästymistilanteissa matkustajien mahdollisia muutoksia reitti- ja junavalinnoissa. Tästä syystä malleja kutsutaan nollannen sukupolven malleiksi, sillä ne on kehitelty ennen ensimmäisten aikatauluihin perustuvien reitinvalintamallien käyttöönottoa. (Landex 2008)

Nollannen sukupolven mallit loivat aikoinaan pohjan myöhemmin käyttöön otetuille seuraavien sukupolvien malleille, joista seuraavaksi Tanskassa esiteltiin ensimmäisen ja toisen sukupolven mallit vielä 1990-luvun loppupuolella. Ensimmäisen sukupolven mallien ideana on verrata matkustajien aikatauluihin perustuvaa ns. ”optimaalista” eli suunniteltua matka-aikaa toteutuneeseen matka-aikaan. Suunnitellun ja toteutuneen

matka-ajan välisestä erotuksesta saadaan selville matkustajien mahdollisen myöhästymisen suuruus. (Landex 2008)

Toisin kuin nollannen sukupolven malleissa, nämä mallit ottavat huomioon matkustajien koko reitin ja reitinvalinnat, jolloin tulos on alkuperäisiä malleja tarkempi. Yhtenä etuna on myös se, että ensimmäisen sukupolven mallit laskevat koko matkan myöhästymisen huomioiden myös vaihdot. Malleissa tosin oletetaan matkustajien olevan tietoisia nykyisistä ja tulevista myöhästymisistä etukäteen. Tällöin matkustajien oletetaan suunnittelevan matkansa toteutuneisiin aikatauluihin perustuen. Tämän vuoksi mallit aliarvioivat matkustajien myöhästymisiä suhteessa todelliseen tilanteeseen. Todellisessa tilanteessa matkustajat useimmiten havaitsevat myöhästymiset vasta matkan aikana eivätkä voi etukäteen varautua myöhästymisiltä alkuperäistä junaa vaihtamalla. (Landex 2008)

Ensimmäisen sukupolven malleista on kehitelty myös versio, jonka ideana on, että matkustajat saapuvat lähtöasemalle virallisten aikataulujen mukaisesti, mutta asemalla olosta alkaen matkustajien matkoja tutkaillaan optimaalisen reitinvalintamallin mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mallin mukaan matkustajat saapuvat lähtöasemalle aikataulunmukaisena aikana ja vasta asemalla valitsevat reittinsä pohjautuen tietoon tulevista myöhästymisistä. Matkustajilla ei siis oleteta olevan ennakkotietoa myöhästymisistä ennen lähtöasemalle saapumistaan, vaan ennakkotieto saadaan vasta paikan päällä. Ensimmäisen sukupolven mallit eivät ota huomioon mahdollisuutta, että matkustajat lähtevät aikaisemmin tai myöhemmin kotoaan tai että käyttävät mahdollisesti muita asemia junien myöhästymisten johdosta. Muokatussa versiossa matkustajien myöhästymisten aliarvioimisen vaikutusta on vähennetty ja koska useat matkat ovat vaihdottomia, on ensimmäisen sukupolven mallien puutteita parannettu muokatussa versiossa. (Landex 2008)

Toisen sukupolven mallit simuloivat aikatauluja moneen eri otteeseen perustuen joko empiiriseen tai simuloituun tietoon myöhästymisten jakautumisesta. Mallien oletuksena on, että matkustajilla on tieto myöhästymisten jakautumisesta eri yhteyksien välillä ja tähän tietoon pohjautuen valitaan matka optimaaliseen reitinvalintamalliin perustuen. Mallin lähestymistavan heikkoutena on, ettei matkustajien oleteta arvioivan uudelleen alkuperäistä reitinvalintaansa. Tällöin mallien mukaan asemalla odottavat matkustajat eivät voi ottaa ensimmäistä junaa määränpäähänsä. (Landex 2008)

Viimeisimpänä kehitettyinä malleina kolmannen sukupolven mallit ovat selkeästi kaikkien edistyneimpiä malleja kuvaamaan matkustajan myöhästymisiä ja täsmällisyyttä. Kolmannen sukupolven malleissa matkustajat pyrkivät noudattamaan etukäteen julkaisujen aikataulujen mukaan valitsemaansa reittiä. Mikäli tämä ei ole mahdollista tai alkuperäinen valinta aiheuttaa matkustajille enemmän myöhästymisiä suhteessa muihin vaihtoehtoihin, matkustajat arvioivat reitinvalintansa uudelleen. Uudelleenarviointia

tehdessä matkustajilla oletetaan olevan kaikki tarvittava tieto niin sen hetkistä kuin tulevista myöhästymisistä. (Landex 2008)

Kolmannen sukupolven mallien perusideana on ensimmäisen sukupolven mallien tapaan verrata keskenään suunniteltujen ja toteutuneiden aikataulujen mukaisia matka-aikoja. Suunniteltujen aikataulujen pohjalta määritetään optimaalisen reitinvalintamallin avulla optimaalisen reitin lisäksi myös reitin matka-aika. Tähän tietoon verrataan matkustajien reittejä, jotka pyrkivät noudattamaan alkuperäistä reittiä, mutta matkustajien on mahdollista käyttää reittinsä aikana eri yhteyksiä kuin mitä optimaalisessa reitissä. Suunnitellun ja toteutuneen matkustusajan erotuksesta saadaan selville matkustajien myöhästymisten suuruus. (Landex 2008)

Mikäli matkustajat eivät voi matkustaa alkuperäisesti suunnitellun reitin mukaisesti, matkustajat arvioivat reittinsä uudelleen optimaalisen reitinvalintamallin mukaan. Matka arvioidaan uudelleen, mikäli odotusaika asemalla tai matkustusaika junassa venyy tavallista pidemmäksi tai mikäli juna on ohittanut matkustajan lähtö- tai määräaseman pysähtymättä. Malli on hieman optimistinen matkustajien tiedon suhteen, sillä mallissa oletetaan matkustajien olevan tietoisia kaikista rataverkon myöhästymisistä suunnitellessaan reittiä uudelleen. Reaalimaailmassa matkustajat saattavat alkaa pohtia vaihtoehtoista reittiä vasta tietyn ajan päästä myöhästymisen ilmenemisestä ja peruutusten tapauksissa matkustajia yleensä tiedotetaan vaihtoehtoisista reittimahdollisuuksista. Myöhästymismallilla voidaan kuvata keskimääräistä myöhästymistä matkustajien keskuudessa, mutta tarkkaa yksilökohtaista myöhästymisarvoa ei ole mahdollista mallin avulla määrittää. Osa matkustajista saattaa arvioida muita aikaisemmin reittinsä uudelleen, jolloin tämä osa matkustajista myös myöhästyy suhteessa vähemmän. (Landex 2008)

Kolmannen sukupolven mallit ovat aikaisempiin malleihin verrattuna realistisempia ja tuloksiltaan tarkempia, mutta tätä kautta myös monimutkaisempia. Kolmannen sukupolven mallien laskenta-aika on pidempi, mikä on seurausta siitä, että mallien reitinvalintamalli on ajettava joka kerta uudelleen uusien myöhästymisten ilmetessä. Ensimmäisen ja kolmannen sukupolven matkustajamyöhästymismallit vaativat yhtäläisen työpanoksen, mutta koska kolmannen sukupolven mallit antavat kaikkein realistisimpia tuloksia, on niitä suositeltu käytettävän muiden mallien sijasta.

Kolmannen sukupolven mallit vaativat enemmän tietoa kuin nollannen sukupolven mallit, mutta ne ovat tarkempia ja niitä voidaan soveltaa monipuolisemmin erilaisissa analyysissä. Esimerkiksi junien vaihdot on mahdollista sisällyttää laskelmiin, jolloin kokonaismatka-aika lähtöasemalta määräasemalle voidaan laskea. Tällöin kolmannen sukupolven mallien avulla voidaan tutkia koko rataverkkoa eikä pelkästään yksittäisestä linjasta tai rataverkon osasta aiheutuvia seuraamuksia, kuten nollannen sukupolven mallissa. (Landex 2012) Taulukkoon 3.1 on koottu yhteenvedona Tanskassa kehitettyjen eri sukupolvien matkustajamyöhästymismallien keskeisimmät ominaispiirteet ja eroavuudet suhteessa muihin malleihin.

Taulukko 3.1. Vertailu erilaisista Tanskassa kehitetyistä matkustajamyöhästymisten laskentamenetelmistä (Nielsen et al. 2008)

	1. sukupolven mallit	2. sukupolven mallit	3. sukupolven mallit	4. sukupolven mallit
Matkustajamyöhästymisten huomioiminen	Ei/osittain	Osittain	Kyllä	Kyllä
Menetelmän kompleksisuus	Hyvin yksinkertainen	Keskisuuri	Suuri	Suuri
Matkustajainformaation tarve	Ei	Optimaalinen reittimatriisi	Optimaalinen reittimatriisi	Optimaalinen reittimatriisi
Matkustajat voivat ennustaa myöhästymiset (oletuksena täydellinen tieto)	Ei	Kyllä	Osittain	Voidaan sisällyttää tarvittaessa malliin
Matkustajat voivat saapua etuajassa, jos ilmenee parempi yhteys	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Tulosten tarkkuus %	Hyvin matala	Matala	Keskisuuri	Korkea
Tulosten oikeellisuus	Aliarvioi useimmiten myöhästymiset	Aliarvioi selkeästi myöhästymiset	Ei vääristymää tuloksissa	Ei vääristymää tuloksissa

Tanskassa Kööpenhaminan lähiliikenteessä on käytössä edellä kuvatuunlainen kolmannen sukupolven matkustajamyöhästymismalli. Malli ylläpitää tietovarastoa, johon se kerää ja varastoi automaattisesti tietoa suunnitelluista ja toteutuneista aikatauluista. Reitinvalintamalli ajetaan yön aikana sen jälkeen, kun tietovarasto on ladannut ja valmistellut aikataulutiedot. Tuloksena saadaan päivittäin mittaustietoa matkustajien myöhästymisistä. Tiedot matkustajamääristä taas perustuvat vuosittaisista matkustajamäärälaskennoista saataviin lukuihin. Mallin tarkastelualue on rajattu kattamaan vain lähiliikenteen asemat eikä esimerkiksi vaihtoehtoisia seutujunien tai bussien reittejä oteta huomioon. Tällä yksinkertaistuksella on vähennetty käsiteltävän tiedon määrää, jolloin myös mallin laskenta-aika on lyhyempi. (Landex 2008)

Kolmannen sukupolven mallien kehittämisen ja käyttöönoton myötä on huomattu, ettei korkea junien kulun täsmällisyys välttämättä korreloi korkean matkustajatäsmällisyyden kanssa. Esimerkiksi kolmannen sukupolven mallin käyttöönoton jälkeen tutkittiin Tanskassa vuonna 2005 (Seest et al. 2005) uuden mallin avulla junien kulun ja matkustajien täsmällisyyksien mahdollisia eroavaisuuksia. Tarkasteluun valittiin yksittäinen päivä kesäkuulta 2004. Tulosten mukaan kyseisenä päivänä huomattiin matkustajatäsmällisyyden olevan selvästi heikompi kuin junien kulun täsmällisyys. Kyseisen mittauspäivän aamuna 95,4 % junista oli alle 2,5 minuuttia myöhässä aikataulustaan, kun vain 84,0 % kyseisten junien matkustajita saapui määräasemalle määritetyn 2,5 minuutin aikarajan puitteissa.

3.4 Huomioita

Matkustajanäkökulma on melko uusi tapa tutkia rautatieliikennettä ja vielä ei ole selvää miten erilaisia näkökulmia tulisi tarkastella. Vuonna 2010 teetetyn kirjallisuusselvityksen (Paavilainen & Salkonen 2010) pohjalta voidaan todeta, että ei ole helppoa löytää yksiselitteistä tapaa määrittää, miten matkustajanäkökulmaa tulisi tarkastella täsmällisyyden mittauksessa. On olemassa kuitenkin peruseriaatteita, jotka voidaan nostaa esiin. Matkustajavirtojen mittaus ja matkustajien palaute on tunnistettu keskeisimmiksi indikaattoreiksi kuvaamaan rautatieliikenteen täsmällisyyttä matkustajien näkökulmasta.

Useat tutkimukset osoittavat, ettei täsmällisyyden mittauksen tulisi matkustajanäkökulmasta rajoittua pelkästään määräasematarkasteluun. Yksinkertaisilla mittareilla on toki omat etunsa, mutta ne eivät siltikään korjaa kaikkia nykyisten mittaustapojen heikkouksia. Täsmällisyyttä tulisi mitata koko matkan aikana ja erityisesti asemilla, joilla monet matkustajat poistuvat junasta. Tarvittavaa tietoa junien kulusta on saatavilla, sillä monissa Euroopan maissa rautatieliikenteessä on käytössä junien kulun seurantarjestelmiä. Täsmällisyyden mittaaminen matkustajanäkökulmasta edellyttää tietoa aikatauluisista, matkustajista ja matkustajavirroista. Täsmällisyyttä on mahdollista mitata esimerkiksi prosentiosuutena asemalle aikataulunmukaisesti saapuvista matkustajista tai matkustajien kokemasta viivästymisten kokonaissummasta joko asemakohtaisesti tai koko verkon laajuudella. Myös täsmällisyyteen ja häiriötilanteissa toimimiseen liittyvät matkustajapalautteet kuvaavat matkustajien kokemaa täsmällisyyttä. (Paavilainen & Salkonen 2010)

Perinteisesti täsmällisyyden tarkastelu matkustajanäkökulmasta on rajoittunut matkustustyytyväisyyden mittaamiseen ja matkustajilta saadun palautteen perusteella on arvioitu toiminnan laatua. Kuten edellä mainittiin, tällaisissa tapauksissa on syytä muistaa, että erilaisilla matkustajaryhmillä on erilaiset odotukset täsmällisyyden ja toiminnan kokonaislaadun suhteen. On pidettävä myös mielessä, ettei täsmällisyyttä tule tarkastella pelkästään matkustajien näkökulmasta, vaan jo olemassa olevilla mittareilla on myös oma tärkeä asemansa täsmällisyyden analysoinnissa. (Paavilainen & Salkonen 2010)

Matkustaja- ja kuljetusvirtojen tiedolle voidaan nähdä olevan käyttöä useille eri toimijoille. Matkustajamäärätietoa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi hankkeiden ja junien priorisoinnissa sekä epätäsmällisyydestä asiakkaille kohdistuvien vaikutuksien tarkastelussa. Täsmällisyyden kehittämisen tärkeys on tunnistettu useiden toimijoiden johdosta. Junien määräasematäsmällisyyden sijasta tulisi tarkastella matkustajien täsmällisyyttä kullakin asemalla eikä pelkästään lähtö- ja määräasemilla. Uusi näkökulma tarjoaisi paremman kuvan toiminnan laadusta ja voisi ohjata merkittävästi kehitystoimenpiteitä. (Paavilainen et al. 2011)

Toiminnan laadun mittaamisella junayhtiöiden on helpompi ottaa päätöksenteossaan huomioon yhtiön lisäksi myös yhteiskunnan tarpeet. Yhtiön toimintaa kuvaavilla mittareilla voidaan nähdä olevan myös markkina-arvoa, sillä laadukkaalla viestinnällä voidaan parantaa yhtiön mainetta (Gelders et al. 2008). Rautatieliikenteen täsmällisyys kiinnostaa matkustajien ohella erityisesti myös mediaa, kun täsmällisyystilanne heikenee ja myöhästymisiä ilmenee paljon. Täsmällisyyden mittauksen kehittäminen voidaan nostaa liikennemuodon vahvuudeksi ja parantaa rautatieliikenteen imagoa ja houkuttelevuutta korostamalla asiakaslähtöisyyttä. (Salkonen 2010)

Liikennöitsijälle ja viranomaisille matkustajien täsmällisyyden seurannan hyötyjä ovat muun muassa tiedottaminen ja viestintä. Ei ole yksiselitteistä, kuinka täsmällisyydestä tulisi viestiä matkustajille. Matkustajat tarvitsevat tietoa täsmällisyyden syistä ja suoriutumisesta. Täsmällisyyden mittaustulokset koetaan tiedoksi, josta tulisi viestiä eteenpäin. Matkustajien täsmällisyyden mittaamisesta on hyötyä myös suoriutumisen seurannassa ja matkustajiin liittyvien tavoitteiden asettamisessa ja seurannassa. Täsmällisyyden mittaustuloksia voidaan hyödyntää niin viestinnän, johtamisen kuin markkinoinninkin tukena. Täsmällisyyden mittaaminen matkustajanäkökulmasta on nimenomaan toiminnan laadun mittaamista. (Salkonen 2010)

Kansainvälisesti vertailtaessa Alankomaissa ollaan tällä hetkellä selvästi muita Euroopan maita pidemmällä rautatieliikenteen täsmällisyystutkimuksessa. Alankomaissa on NS:n toimesta nostettu matkustajat ykkösprioriteetiksi rautatieliikenteessä. Lisäksi lähitulevaisuudessa suunniteltu uuden älymatkakortteihin perustuvan mittausjärjestelmän käyttöönotto kielii myös siitä, että maan rautatieliikenteen toimijoilla on aidosti kiinnostusta kehittää aihetta eteenpäin. Taulukkoon 3.2 on vielä koottu Alankomaiden ohella muut edeltävissä kappaleissa esitellyt matkustajatäsmällisyyden kannalta merkittävimmät maat nykyisine mittauskäytäntöineen.

Taulukko 3.2. Vertailu Alankomaiden ja Sveitsin henkilökaukoliikenteen sekä Kööpenhaminan lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyden mittausmenetelmistä

	Alankomaat	Sveitsi	Tanska (Kööpenhamina)
Matkustajamyöhästymisten huomioiminen	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Vaihtomatrustajien huomioiminen	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Reaaliaikaiset, todelliset matkustajamäärätiedot	Ei saatavilla	Ei saatavilla	Ei saatavilla
Matkustajamäärätiedon lähde	Vuorokaudenaikaan ja junatyypin perustuvat ennusteet	Tietomallien pohjalta lasketut keskimääräiset matkustajavirrat	Pohjautuu vuosittaisiin matkustajamäärälaskentoihin
Matkustajatäsmällisyyden määritelmä	Toteutuneiden junavuorojen osuus suunnitelluista junavuoroista	Aikataulussa poistuvien ja vaihtavien osuus kaikista poistuvista	Aikataulunmukaisten ja toteutuneiden matkojen matkajikojen vertailu
Täsmällisyyden aikaraja	< 5 min	3 min	2,5 min
Seuranta-asemien lukumäärä	35 (n.10 % rataverkon asemista)	53 (90 % rataverkon asemista)	85 (100 % lähiliikenteen asemista)
Tulosten oikeellisuus/tarkkuus	Riippuvainen ennusteiden tarkkuudesta	Riippuvainen ennusteiden tarkkuudesta	Riippuvainen mallin totuudenmukaisuudesta

Alankomaissa, Sveitsissä sekä Kööpenhaminan lähiliikenteessä mitataan junien kulun lisäksi myös matkustajien täsmällisyyttä. Jokaisen maan mittauskäytännöt eroavat hie-
man toinen toisistaan, mutta perusidea on kaikissa sama: toteutunutta junien kulkutietoa
täydennetään ennusteilla matkustajien lukumäärästä. Vaikka yhdessä näillä tiedoilla
saadaan muodostettua kattava kokonaiskuva matkustajatäsmällisyydestä, on menetelmi-
en yhteisenä selkeänä heikkoutena todellisen matkustajamäärätiedon puute. Matkusta-
jamääräennustuksiin pohjautuva mittari on hyvä suuntaa antava malli, mutta totuuden-
mukaisiin tuloksiin päästään ainoastaan todellisilla matkustajamäärätiedoilla.

4. HELSINGIN SEUDUN LÄHILIIKENTEEN MATKUSTAJAMÄÄRÄINEISTON HYÖDYNTÄMINEN MATKUSTAJATÄSMÄLLISYYDEN ARVIOINNISSA

4.1 Lähiliikenteen matkustajamäärälaskennan periaate

Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajalaskenta suoritetaan lähijuniin asennetuilla Dilax-laskentalaitteilla. Laskentalaitteiden laskentamenetelmä perustuu aktiivisten infrapunasensoreiden lähettämien säteiden heijastumiskertojen lukumäärään. Matkustajan osuessa kahden sensorin säteeseen laite kirjaa matkustajahavainnon. Kahden infrapunasäteen ansiosta on osumisjärjestyksen perusteella mahdollista määrittää myös matkustajan kulkusuunta. (Nikula 2013)

Lähiliikenteessä on tällä hetkellä käytössä neljän eri kalustosarjan junia ja yhteensä 155 junayksikköä. Dilax-laskentalaitteilla varustettujen yksiköiden osuus koko lähijunaliikenteen kalustosta on esitetty taulukossa 4.1. Yhteensä laskentalaitteellisia yksiköitä on 58 kappaletta ja niiden prosentuaalinen osuus koko kalustosta on 37,4 %. Uusimman sarjan (Sm5) kaikki yksiköt on varustettu automaattisilla laskentalaitteilla. (Tervahauta 2016)

Taulukko 4.1. Automaattisilla laskentalaitteilla varustettujen yksiköiden osuus lähiliikenteen kalustosta (Stenroth 2015)

Kalustosarja	Yksiköiden määrä	Laskentalaitteelliset yksiköt	Laskentalaitteiden osuus (%)
Sm5	41	41	100
Sm4	30	6	20
Sm2	50	11	22
Sm1	34	0	0
Yhteensä	155	58	37

Sm4-junissa infrapunasensoreita on vierekkäin neljä ja Sm5-junissa kolme. Sm2-junissa sensoreita on ovissa vierekkäin kaksi. (Stenroth 2015) Uusilla Sm5-sarjan junilla korvataan tulevaisuudessa Sm1- ja Sm2-sarjojen junat, jolloin lähiliikenteestä saatavien matkustajamäärätietojen volyymi kasvaa entisestään. Nykyäänkin Sm5-junien käyttöä suositetaan liikenteessä silloin, kun matkustajakysyntä on alempaa ja koko kalustoa ei ole tarvetta pitää liikenteessä. (Nikula 2013)

Lähijunien tarkistuslaskennat suoritetaan manuaalisesti käsinlaskennoin. Lähiliikenteessä on tehty tarkistuslaskentoja kaikille kalustosarjoille, jotka sisältävät automaattiset laskentalaitteet. Tarkistuslaskentojen perusteella on havaittu, että Sm4- ja Sm5-junissa laskentalaitteet rekisteröivät liian paljon sekä nousijoita että poistujia. Sm-2 junissa sen sijaan sekä nousijoita että poistujia rekisteröityy liian vähän. Sm2- ja Sm-5-junien on havaittu laskevan enemmän poistujia kuin nousijoita. Mittausvirheestä aiheutuu negatiivista kuormitusta, mikä johtaa matkustajakilometrien uupumiseen. Sm-4-junissa suoritettut tarkistuslaskennat osoittivat päinvastaisia tuloksia. (Stenroth 2015)

Joitakin vuoroja ajetaan veturivetoisilla junilla, joissa ei ole laskentalaitteita. Nämä junat kuuluvat ns. alipeittoon. Alipeitto otetaan huomioon siirtämällä veturivetoiset junat automaattisen matkustajamäärälaskennan ulkopuolelle ja niiden matkustajamääriä arvioidaan manuaalilaskennoin. Laskentalaitteilla varustettuja junia on kuitenkin riittävästi, jotta kaikilta linjoilta saadaan matkustajamäärätietoja. Lähiliikenteessä keskimäärin 94–100 % junien raakadatasta saadaan kohdistettua. (Nikula 2013)

Mikäli aineistossa havaitaan puuttuvaa tietoa, kompensoidaan se imputoimalla eli etsimällä jokaiselle mittaamattomalle positiolle paras mahdollinen arvojen luovuttaja (Tervahauta 2016). Aineisto on jaettu imputointisoluihin linjan, päivätyypin, suunnan ja lähtöajan perusteella. Päivät maanantaista torstaihin on luokiteltu yhdeksi päivätyypiksi, koska matkustajien käyttäytymisen voidaan todeta olevan melko samanlaista kyseisinä päivinä. Loput viikonpäivät eli perjantai sekä lauantai ja sunnuntai on jaoteltu erillisiksi päivätyypeiksi. (Nikula 2013)

Automaattisten laskentalaitteiden laskemaa matkustajamäärätietoa Helsingin seudun lähiliikenteen ostoliikenteen linjoilta on saatavilla vuodesta 2013 lähtien. Vuoden 2015 matkustajamäärätiedot eivät tosin ole täysin vertailukelpoisia aiempien vuosien laskentatietojen kanssa, sillä ennen vuotta 2015 ei vielä käytetty tietoa mittaavan junayksikön sijainnista muihin junayksiköihin nähden. Vuotta 2013 aikaisemmat matkustajamäärätiedot on sen sijaan määritetty laskemalla manuaalisesti käsin yhden arkipäivän, lauantai- ja sunnuntaipäivän matkustajat kaksi kertaa vuodessa. (Tervahauta 2016)

4.2 Telematiikan hyödyntäminen matkustajamäärien seurannassa tulevaisuudessa

Tällä hetkellä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamäärätiedot saadaan pääasiassa junayksiköihin asennetuista automaattisista laskentalaitteista (Tervahauta 2016). Joitakin Helsingin seudun lähiliikenteen vuoroja ajetaan tosin veturivetoisilla junilla, joissa ei ole laskentalaitteita. Kyseisten junien matkustajamääriä arvioidaan manuaalilaskennoin. Myös lähijunien tarkistuslaskennat suoritetaan manuaalisesti käsinlaskennoin. (Nikula 2013) Manuaalisten matkustajalaskentojen määrää pyritään vähentämään, mutta niillä tulee ainakin toistaiseksi olemaan keskeinen rooli ainakin tarkistuslaskennoissa.

Manuaalilaskentojen avulla tarkistuslaskennat voidaan suorittaa tehokkaasti, sillä tarkistuslaskennat ovat usein lyhytkestoisia ja saattavat vaatia mukautumista. (Stenroth 2015)

Automaatio kuitenkin lisääntyy monella alalla, sillä se tarjoaa usein tehokkaan tavan tuottaa tuotteita tai palveluita. Automaation avulla tuotteiden tai palveluiden tuottamisen tarkkuus ja kustannustehokkuus paranevat. Automaation avulla voidaan kehittää myös juuri niitä seikkoja, jotka ovat keskeisiä joukkoliikenteen matkustajamäärälaskennoissa. Ennen kaikkea matkustajamäärätiedon laatu ja määrä ovat keskiössä, kun halutaan datan pohjalta muokata palvelua vastaamaan paremmin matkustajien tarpeita. Automaattiset matkustajalaskimet mahdollistavat aiempaa kattavamman tiedon saannin ja vielä kustannustehokkaammin. (Stenroth 2015)

Jo lähitulevaisuudessa avoimen datan merkitys korostuu entisestään. Teknologian kehitys ja tiedon nopea saatavuus mahdollistavat tarkan ja reaaliaikaisen tiedon käytön myös matkustajien keskuudessa. Avoin data mahdollistaa kolmannen osapuolen suunnittelemat applikaatiot esimerkiksi mobiilialustoille, mikä helpottaa muun muassa matkustajien matkojen suunnittelua ja lisää joukkoliikenteen houkuttelevuutta kulkumuotona. Mobiiliteknologiat tarjoavat automaattisten matkustajalaskimien rinnalle vaihtoehtoisen tavan matkustajamäärätietojen hankkimiseen. Jo nykyisillä älypuhelimissa tai tableteissa olevilla teknologioilla on mahdollista selvittää yksittäisten matkustajien nousu- ja poistumisasemat. (Stenroth 2015)

Matkustajamäärätieto on keskeinen apuväline joukkoliikenteen suunnittelussa. Matkustajamäärätiedoilla ohjataan suunnittelua ja mitä tarkempaa tietoa voidaan tuottaa, sitä paremmin myös suunnittelu vastaa matkustajien tarpeita ja toiveita. Alaluvuissa 4.2.1–4.2.3 on esitetty vaihtoehtoisia mobiiliteknologioita matkustajamäärien seuraamiseksi tulevaisuudessa. Periaatteessa näiden teknologioiden hyödyntäminen matkustajavirtojen seurannassa ja paikantamisessa olisi mahdollista jo nykyhetkellä.

4.2.1 Bluetooth ja WLAN

Mobiiliteknologioihin perustuvissa laskennoissa matkustajavirtainformaation keräämisessä hyödynnetään paikkatietoja. Paikkatieto on mahdollista selvittää monella eri tekniikalla. Esimerkiksi Bluetoothia voidaan hyödyntää paikkatietojen keräämisessä. Bluetooth on langaton tiedonsiirtoteknologia, joka perustuu lyhyen kantaman radiotekniikkaan. Kantama riippuu lähetystehosta ja se vaihtelee metristä 100 metriin riippuen Bluetooth-radion luokasta. Mobiililaitteissa on käytössä luokan 2 radion kantama, joka on noin 10 metriä. (Bluetooth 2015a) Nykyään lähes kaikki älypuhelimet, tabletit ja tietokoneet tukevat Bluetooth-teknologiaa (Bluetooth 2015b). Koska teknologia on nykyään niin yleinen, voisi Bluetooth-teknologian hyödyntämistä harkita myös matkustajamäärälaskennoissa.

Bluetoothin käytön yleistymisen tarkoittaa sitä, että yhä useampi älypuhelimien tai tabletin käyttäjä pitää Bluetoothia päällä liikkueessaan. Tällöin esimerkiksi juna-asemilla havaitsemalla Bluetoothia käyttäviä laitteita olisi mahdollista seurata matkustajavirtoja. Koska mobiililaitteissa Bluetoothin kantama on vain noin 10 metriä, pitäisi asemille asentaa useita tuki-asemia. (Bluetooth 2015a) Laitteiden tunnistaminen ja erottaminen tapahtuisi tukiasemilla laitteiden MAC-osoitteiden (Media Access Control) perusteella. MAC-osoite on jokaiselle laitteelle yksilöllinen koodi, joka mahdollistaa laitteen tunnistamisen verkossa. Matkustajalaskennoissa MAC-osoite olisi kuitenkin salattava, jotta datasta ei voitaisi erottaa yksittäisten henkilöiden liikkeitä. (Stenroth 2015)

Myös WLAN-teknologia (Wireless Local Area Network) mahdollistaa matkustajavirtojen seuraamisen. Samoin kuin Bluetooth-teknologiassa laitteiden tunnistus verkossa perustuu MAC-osoitteeseen. (Lehikoinen 2014) Langattoman laitteen ja WLAN-tukiaseman välinen tiedonsiirto tapahtuu radioteitse laitteessa olevan lähiverkkokortin avulla ja teknologia perustuu IEEE 802.11-standardiin (Wireless Mobile Vaasa 2003). WLAN toimii kahdella eri taajuudella, joista taajuudella 2,4 GHz verkon kantama on hyvissä olosuhteissa 100 metriä ja taajuudella 5,4 GHz noin 50 metriä (VTT 2005). Taajuus 2,4 GHz on vapaa taajuus ja 5,4 GHz luvanvarainen taajuus. Taajuuden valintaan vaikuttaa, mitä 802.11-standardia tukiasema käyttää. Erilaisilla suunnattavilla erikoisantenneilla on kantamaa mahdollista kasvattaa jopa muutamaan kilometriin. (Wireless Mobile Vaasa 2003)

Matkustajalaskennassa on tärkeää rajata WLAN-verkko koskemaan vain asema-aluetta. Tällöin voidaan varmistua siitä, että laskennassa huomioidaan vain asemalla olevat matkustajat eikä ohikulkijoita rekisteröidy mukaan. Toisaalta matkustajavirtainformaatiota tehdessä ongelma poistuu, sillä matkustajien laitteet paritettaisiin pääteaseman havaintoihin. WLAN-teknologiaan perustuvassa paikannuksessa on mahdollista myös, että matkustajahavainto jää kokonaan tekemättä. Kannettavien laitteiden verkkokortit etsivät joko yhtä verkkoa tai jonkin alueen kaikkia verkkoja aktiivisesti skannaamalla aluetta (VTT 2005). Skannauksen lähetysväli vaihtelee laitteittain ja joissakin laitteissa se voi olla jopa 60 sekuntia (Lehikoinen 2014). Esimerkiksi 60 sekunnin lähetysvälillä on mahdollista, että matkustaja ehtii saapumaan asemalle, nousta junan kyytiin ja poistua asemalta ennen kuin tukiasema havaitsee laitetta. Tällöin matkustajahavainto jää kokonaan tekemättä.

Toinen keskeinen ongelma WLAN- tai Bluetooth-teknologiaan perustuvassa paikantamisessa ja matkustajalaskennassa on toimintoja päällä pitävien matkustajien osuuden selvittäminen kaikista matkustajista. Monet pitävät kyseisiä toimintoja pois päältä laitteiden akkujen säästämiseksi. Osuuteen vaikuttaa myös sellaisten matkustajien määrä, joilla on mahdollisesti useampi kyseisiä teknologioita käyttävä laite mukanaan. Esimerkiksi mikäli matkustajalla on mukanaan älypuhelin ja tabletti ja näissä molemmissa on WLAN-toiminto päällä, tulisi matkustaja tällöin lasketuksi kahteen kertaan. Kyseisillä teknologioilla voidaan koota suppeampaa matkustajamäärätietoa, mikäli tulosten laajen-

tamiselle ei ole tarvetta. Tällöin on kuitenkin varmistuttava, että jokaiselle nousijalle löytyy pari poistujista. (Stenroth 2015)

4.2.2 3G- ja 4G-paikannus

Bluetooth- tai WLAN-tekniologiaan verrattuna 3G- ja 4G-paikannuksen avulla on mahdollista saada kattavampaa tietoa matkustajavirroista, sillä 3G- tai 4G-laitteiden kattavuus ja päällä olo on tutkimusten mukaan yli 90 %. Lisäksi matkustajilla useimmiten on vain yksi 3G- tai 4G-tekniologiaa tukeva laite mukanaan, jolloin yhden matkustajan kaksoishavainnot olisivat harvinaisia. (Lehikoinen 2014)

3G- ja 4G-paikannuksessa laitteiden tunnistaminen on periaatteessa mahdollista toteuttaa sekä aktiivisesti että passiivisesti. Passiivisessa paikannuksessa laitteiden tunnistaminen perustuisi vaihtuvaan TMSI-koodiin (Temporary Mobile Subscriber Identity). Koodi takaa matkustajien anonymiteetin, mutta koodit ovat salattuja. Lisäksi nykyiset standardit eivät edellytä yhteydenpitoa tukiasemaan, joten tällöin laitteiden tunnistaminen on tehtävä aktiivisesti. Aktiivipaikannus vaatii taas aktiivisen session päätelaitteessa. Aktiivinen sessio voi olla joko puhelu tai jatkuvaa datan siirtoa matkan aikana. Muuten sekä lähtö- että määräaseman selvittäminen aineistosta ei olisi mahdollista. (Lehikoinen 2014)

Yhtenä vaihtoehtona 3G- ja 4G-paikannuksessa olisi ostaa aineistot suoraan operaattoreilta. Aineistot ovat operaattorikohtaisia, joten tällöin ne pitäisi laajentaa koskemaan kaikkia matkustajia. Samoin kuin passiivisessa paikannuksessa myös tässä tapauksessa paikantamiseen vaaditaan laitteelta aktiivinen sessio tukiasemaan. Operaattoreiden lisäksi myös monet muut toimijat, esimerkiksi Google ja Apple, keräävät mobiililaitteiden paikkatietoja. Yhtenä vaihtoehtona olisi siis lähestyä näitä toimijoita ja hankkia matkustajamäärätiedot tätä kautta. (Lehikoinen 2014)

Operaattoritietojen hyödyntämisen ongelmaksi voi toisaalta muodostua ihmisten halukkuus paikkatietojen luovuttamiselle (Lehikoinen 2014). Laite voi myös 3G-verkossa olla yhteydessä useampaan tukiasemaan samanaikaisesti. Tämä voi hankaloittaa arviota siitä, minkä tukiaseman alueella laite sijaitsee. Lisäksi ongelmia voi aiheutua yhteisestä taajuudesta, jota käytetään 3G-verkossa liikennöintiin. (Rashid 2010)

4.2.3 RFID

RFID (Radio Frequency IDentification) on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille, joita käytetään tuotteiden ja asioiden havainnointiin, tunnistamiseen ja yksilöintiin. Tekniologia perustuu RFID-tunnisteeseen kirjoitetun tiedon lukemiseen asiaan kuuluvalla RFID-lukijalla. RFID-tunnisteet voivat olla joko passiivisia tai aktiivisia. Passiivitunnisteissa ei ole omaa virtalähdettä, vaan tarvittava virta saadaan lukijan luomasta oskilloivasta magneettikentästä. Aktiiviset tunnisteet sen sijaan vaativat oman

virtalähteensä, mikä tarkoittaa käytännössä siis paristoja. Aktiivisten tunnistajien lukuetaisyys on yli 100 metriä ja niiden tietoturvaso korkeaa, mutta korkeiden kustannusten, lyhyen käyttöajan ja oman virtalähteen tarpeen vuoksi ne eivät sovellu matkustajalaskentoihin. (RFIDLab Finland ry 2016)

RFID-tekniikkaan perustuva matkustajalaskenta voidaan kuitenkin toteuttaa passiivisten tunnistajien avulla. Passiivisia tunnistajia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi integroimalla ne matkakortteihin. Matkustajien tunnistaminen tapahtuisi automaattisesti asemalla, eikä käyttäjän tarvitsisi näyttää korttia tällöin erikseen. Matkustajien tunnistamisessa olisikin oleellista vain kortin tunnistaminen lähtö- ja määräasemalla ja näiden tietojen parittaminen. (Stenroth 2015)

RFID-tekniikkaan perustuvan matkustajien paikantamisen haittana on, ettei tekniikalle ole olemassa valmista ja oikeanlaista infrastruktuuria asemalla tai joukkoliikenteen käyttäjillä. Jokaiselle asemalle pitäisi tällöin asentaa RFID-lukija ja matkakortteihin etätunnistamiseen soveltuva RFID-tunniste. Lisäksi passiivisten RFID-tunnistajien lukuetaisyys on vain hieman yli 10 metriä ja tunnistaminen vaatii voimakkaan lukijasignaalin. (RFIDLab Finland ry 2016) Koska RFID-lukijoiden lukuetaisyys on lyhyt, tarvittaisiin asemille siis useampia lukijoita, jotta koko aseman alue saataisiin katettua (Stenroth 2015).

RFID-tekniikkaa on jo käytössä nykyisessä Helsingin seudun lähiliikenteen matkakorttijärjestelmässä. Järjestelmän toiminta perustuu HF-tekniikkaan ja tunnistajien lukuetaisyys on rajattu 3-4 senttimetriin. Jotta kyseisellä järjestelmällä voitaisiin seurata matkustajavirtoja, tulisi matkustajien leimata matkakorttinsa myös määräasemalla junasta poistuessaan. (RFIDLab Finland ry 2016) Kuten luvussa 3.3.1 todettiin, vastaavaa menetelmää ollaan lähitulevaisuudessa ottamassa käyttöön Alankomaissa. Älykkäihin matkakortteihin perustuvassa matkustajien paikantamisjärjestelmässä matkustajat leimaavat sekä junaan noustessaan että junasta poistuessaan korttinsa kortinlukijaan, jolloin järjestelmään tallentuvat tiedot kunkin matkustajan lähtö- ja määräasemasta. Tällöin on muun muassa mahdollista selvittää asemakohtaisesti nousevien ja poistuvien matkustajien lukumäärä.

4.3 Yleistä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistosta ja matkustajamääräistä

Tässä diplomityössä on hyödynnetty Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoa matkustajajärjestelmän arvioimiseksi. Linjoittain raportoidusta matkustajamäärätiedosta on junakohtaisesti mahdollista poimia muun muassa

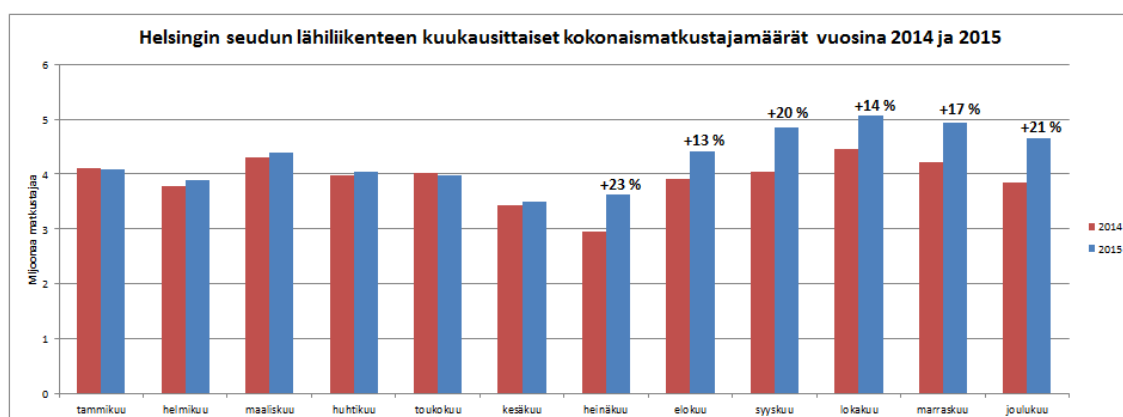
- liikennöivän junan numeron, päivämäärän ja viikonpäivän
- rataosan ja suunnan
- käytetyn kaluston

- junan aikataulutetut lähtöajat asemakohtaisesti
- asemien väliset etäisyydet kilometreissä
- junien istuma- ja seisomapaikkojen kapasiteetit.

Matkustajamääräaineistosta on poimittavissa kokonaismatkustajamäärän lisäksi asema-kohtaisten nousujen ja poistumisten lukumäärät sekä asemalla olon aikaiset kuormat. Tieto poistuvien matkustajien lukumäärästä asemittain mahdollistaa matkustajien asema-kohtaisen täsmällisyyden määrittämisen. Lähiliikenteen linjoista on tarkasteluun valittu Helsingin seudun lähiliikenteen linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U. Kehäradan käyttöönoton myötä heinäkuussa 2015 M-linja poistui käytöstä ja uutena Kehäradalla liikennöivänä linjana otettiin käyttöön linja P.

Vaikka Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääristä on saatavilla laskentalaitteiden laskemaa tietoa jo vuodesta 2013 lähtien, on tässä diplomityössä tarkasteltu vasta kesäkuun 2014 ja sitä myöhäisempiä matkustajamäärätietoja. Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnista ei ole saatavilla kesäkuuta 2014 edeltävältä ajalta tarkkoja junien kulkutietoja, sillä varsinainen portaali otettiin käyttöön juuri kyseisenä ajankohtana. Ennen kesäkuuta 2014 tehdyistä kirjauksista puuttuvat junien toteutuneet aikataulutiedot, jolloin tarkkaa tietoa mahdollisten myöhästymisten suuruuksista ei saada selville. Tällöin myös junien ja matkustajien asemakohtaisen täsmällisyyden arvioiminen on hankalaa.

Helsingin seudun lähiliikenteen kuukausittaisten matkustajamäärien kehitystä vuosina 2014 ja 2015 on esitetty kuvassa 4.1. Kuukausittaiset kokonaismatkustajamäärät on laskettu Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston perusteella. On kuitenkin huomioitava, että matkustajamäärien laskenta- ja määrittelytavoissa esiintyy virhettä (luku 4.1), eivätkä luvut täysin vastaa todellisia matkustajamääriä.



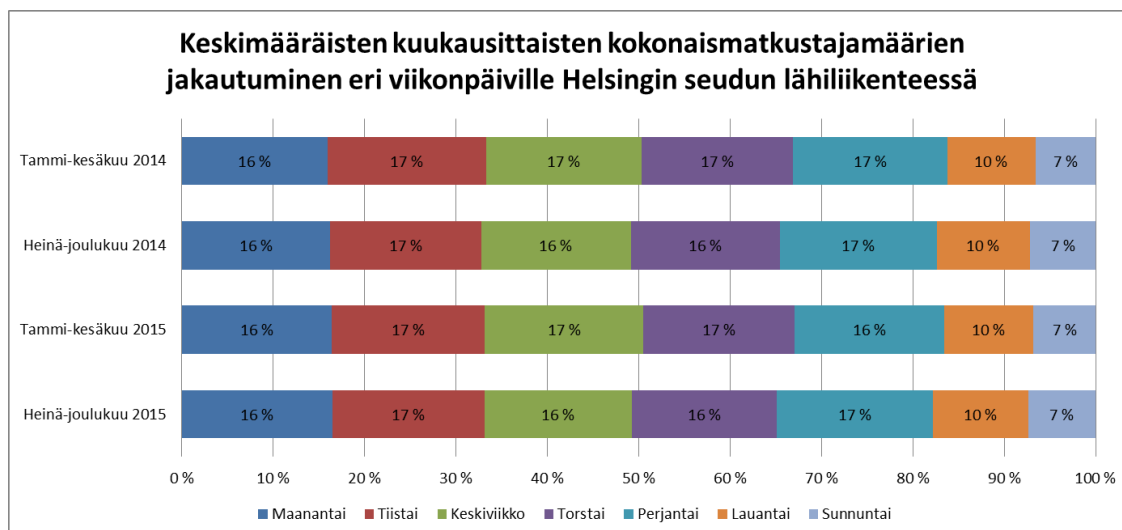
Kuva 4.1. Helsingin seudun lähiliikenteen kuukausittaiset kokonaismatkustajamäärät vuosina 2014 ja 2015. Matkustajamäärätiedot perustuvat Helsingin seudun lähiliikenteessä käytössä olevien automaattisten laskentalaitteiden mittaustuloksiin. Kuukausikohtaiset matkustajamäärät on saatu laskemalla yhteen lähiliikenteen linjojen A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U kuukausittaiset matkustajamäärät. Kuvassa on esitetty myös Kehä-

radan käyttöönoton jälkeisten kuukausien matkustajamäärien kehitys suhteessa vuoden 2014 vastaavien kuukausien matkustajamääriin.

Helsingin seudun lähiliikenteen kuukausittaisissa kokonaismatkustajamäärissä on havaittavissa vaihtelua rajatun ajanjakson eri vuodenaikojen välillä. Kesä-heinäkuussa matkustajamäärissä on havaittavissa selkeä pudotus suhteessa muuhun vuoteen. Matkustajamäärien lasku kesäkuukausina selittyy osaltaan työmatkalaisten osuuden vähenemisenä liikenteessä. Matkustajamäärät ovat molempina vuosina palautuneet hiljalleen elokuusta eteenpäin ennalleen lomakausien päättyessä ja työmatkalaisten osuuden palautuessa normaalille tasolleen.

Keskimäärin Helsingin seudun lähiliikenteessä matkustajia on kuukausittain ollut noin neljä miljoonaa ennen Kehäradan käyttöönottoa heinäkuussa 2015. Verrattaessa vuosien 2014 ja 2015 vuoden ensimmäisen puoliskon kuukausittaisia matkustajamääriä ovat matkustajamäärät pysyneet likipitään samana. Sen sijaan loppuvuoden kuukausittaisissa matkustajamäärissä on huomattavissa selkeitä eroja. Vaikka Kehärata otettiin käyttöön matkustajamäärien kannalta hiljaisimpana ajankohtana keskellä kesää, ovat sen vaikutukset heijastuneet välittömästi lähiliikenteen matkustajamääriin. Helsingin seudun lähiliikenteen kuukausittaiset matkustajamäärät ovat kasvaneet Kehäradan käyttöönoton jälkeen ja parhaimmillaan kasvua on ollut kuukausitasolla yli 20 % edellisen vuoden vastaavan kuukauden lukemaan verrattuna. Heinäkuusta 2015 lähtien keskimääräinen kuukausittainen matkustajamäärä on noussut aiemmasta neljästä miljoonasta lähes viiden miljoonan matkustajan tuntumaan.

Valtaosa Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääristä painottuu arkipäiväliikenteeseen. Noin 80 % viikoittaisista ja kuukausittaisista kokonaismatkustajamääristä koostuu arkipäivien matkustajista. Kuvassa 4.2 on havainnollistettu vielä tarkemmin keskimääräisten kuukausittaisten kokonaismatkustajamäärien jakautumista eri viikonpäivien kesken. Matkustajamääräosuuksissa on huomioitu eri viikonpäivien kuukausittaisten esiintymiskertojen vaihtelu. Tämän vuoksi kunkin viikonpäivän prosentuaalinen osuus on määritetty vertaamalla viikonpäivän keskimääräistä yhden päivän matkustajamäärää kaikkien viikonpäivien keskimääräisten yhden päivän matkustajamäärien summaan.



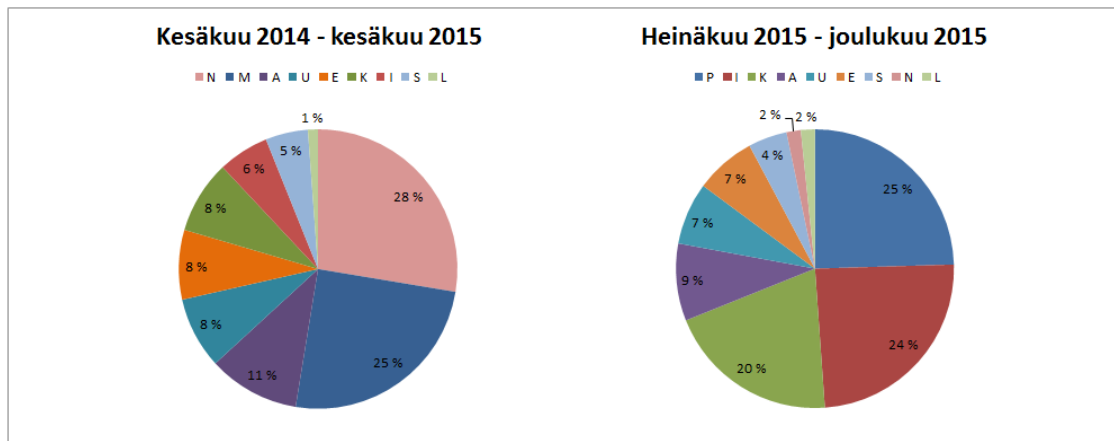
Kuva 4.2. Keskimääräisten kuukausittaisten kokonaismatkustajamäärien jakautuminen eri viikonpäiville Helsingin seudun lähiliikenteessä. Helsingin seudun lähiliikenteessä matkustajamääriä mitataan automaattisten laskentalaitteiden avulla ja matkustajamääräaineiston avulla on laskettu yhteen lähiliikenteen linjojen A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U kokonaismatkustajamäärät eri viikonpäivinä. Viikonpäivien matkustajamääräosuuksien määrittämisessä on huomioitu eri viikonpäivien esiintymiskertojen vaihtelu kuukausittain. Matkustajamääräosuudet on laskettu vertaamalla kunkin viikonpäivän keskimääräistä yhden päivän matkustajamäärää kaikkien viikonpäivien keskimääräisten yhden päivän matkustajamäärien summaan.

Arkipäivien ja viikonloppujen välillä on havaittavissa selkeät erot matkustajamäärien osuuksissa. Erot matkustajamäärissä johtuvat näiden ajankohtien erilaisista liikenteellisistä luonteista. Merkittävä osa arkipäivien matkustajista koostuu aamu- ja iltapäivien työmatkalaisista, kun taas viikonloppuisin tätä työmatkalaisten osuutta ei käytännössä ole. Työmatkalaisten jäädessä pois viikonloppuliikenteestä matkustajamäärät putoavat ja pääosa viikonloppuisin tehtävistä matkoista ovatkin vapaa-ajan matkoja.

Arkipäivien välillä sen sijaan ei ole poimittavissa selkeästi vilkkainta päivää matkustajien keskuudessa. Kuvassa 4.2 on käytetty kuukausittain keskimääräisiä yhden päivän matkustajamääriä, jolloin eri viikonpäivien kuukausittaisten esiintymiskertojen eroilla ei ole vaikutusta. Arkipäivien välillä matkustajamääräosuudet vaihtelevat 16–17 % välillä. Helsingin seudun lähiliikenteessä ei myöskään voida todeta perjantain erottuvan matkustajamääriensä takia muista arkipäivistä. Lähiliikenteessä ei ole havaittavissa kaukoliikenteelle tyypillistä ”matkustajapiikkiä” perjantai-iltapäivisin, mikä osaltaan nostaisi perjantain matkustajamääräosuutta suhteessa muihin arkipäiviin. Merkittäviä eroja arkipäivien välillä ei myöskään havaita tarkastellessa arkipäivien matkustajamääräosuuksia linjoittain. Kehäradan käyttöönoton myötä kasvaneet matkustajamäärät eivät myöskään ole vaikuttaneet eri viikonpäivien matkustajamääräosuuksiin.

Sen sijaan Kehäradan käyttöönotto on vaikuttanut Helsingin seudun lähiliikenteen eri linjojen matkustajamääräosuuksiin. Kuvassa 4.3 on esitetty Helsingin seudun lähiliikenteen kokonaismatkustajamäärien jakautuminen eri linjojen kesken ennen Kehärataa ja

Kehäradan käyttöönoton jälkeen. Ennen Kehäradan valmistumista ruuhkaisimmat ja vilkkaimmin liikennöidyt linjat olivat linjat M (25 %) ja N (28 % kaikista matkustajista). Näiden linjojen matkustajien osuus kattoi siis yli 50 % kaikista Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajista.



Kuva 4.3. Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamäärien jakautuminen linjoittain ennen Kehäradan käyttöönottoa (vas.) ja Kehäradan käyttöönoton jälkeen. Linjakohtaiset matkustajamäärätiedot perustuvat Helsingin seudun lähiliikenteessä käytössä olevien automaattisten laskentalaitteiden mittaustuloksiin. Tarkastelussa on huomioitu Helsingin seudun lähiliikenteen linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U.

Kehäradan käyttöönoton myötä heinäkuussa 2015 kuormitettu M-linja poistui käytöstä ja uutena linjana otettiin käyttöön linja P, joka yhdessä linja I:n kanssa liikennöi uudella Kehäradalla. Kehäradan käyttöönoton vaikutukset kokonaismatkustajamääriin selviävät myös kuvasta 4.3, jonka mukaan Kehäradan linjat I ja P kattavat lähes puolet (49 %) kaikista matkustajista. Näiden linjojen lisäksi myös linja K (20 % matkustajista) on kasvattanut merkittävästi matkustajamääräosuuttaan suhteessa ennen Kehärataa vallinneeseen tilanteeseen.

Rataosittain tarkasteltuna linjakohtaisista matkustajamääräosuuksista huomataan, että vuoden 2014 kesäkuun ja 2015 kesäkuun välillä hieman yli 40 % Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajista painottui Pääradan linjoille (linjat I, K ja N). Vastaavasti Rantaradalla (linjat A, E, L, S ja U) osuus oli hieman yli 30 % ja Vantaankosken radalla (linja M) 25 % kaikista matkustajista. Kuten todettua, on Kehäradan käyttöönoton jälkeen Kehäradan osuus kaikista matkustajista ollut lähes puolet (49 %). Pääradan osuus matkustajista on uuden rataosan myötä lähes puolittunut (22 %) ja myös Rantaradalla osuus on laskenut (29 %).

On syytä kuitenkin muistaa, että edellä esitetyissä matkustajamäärätiedoissa sekä niiden arkipäiväisen ja linjoittaisen jakautumisen tiedoissa esiintyy virhettä suhteessa todelliseen tilanteeseen. Kuten aiemmin todettua, Dilaxin matkustajalaskentalaitteiden laskentatuloksissa on havaittu poikkeavuutta suhteessa käsinlaskennasta saatuihin tuloksiin. Lisäksi mikäli yksittäisen linjan junavuoron matkustajista ei syystä tai toisesta ole ai-

neistossa tietoa, on arvo lainattu sellaisesta ajankohdasta, jonka oletetaan kuvaavan parhaiten kyseistä ajankohtaa. Tällöin lainattu arvo mitä todennäköisimmin eroaa todellisesta mitatusta arvosta. Edellä esitettyjä matkustajamäärätietoja on hyvä käyttää suuntaa antavana tietona, mutta tietojen tarkkuuden epävarmuudesta johtuen suurempia johtopäätöksiä ei tulosten pohjalta tule tehdä.

4.4 Matkustajamäärätiedon ja junien kulkutietojen hyödyntäminen matkustajatäsmällisyyden määrittämisessä

Matkustajatäsmällisyyden arvioimiseksi tarvitaan matkustajamäärätietojen lisäksi tietoa myös junien kulusta. Helsingin seudun lähiliikenteen junien kulkutiedot on saatavilla Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnista, josta on mahdollista hakea tietoa yksittäisten junien kulusta tiettynä ajanjaksona. Rataraportoinnista ladattavasta junien kulkutietoraportista ilmenee tarkasteltavien junavuorojen asemakohtaiset suunnitellut ja toteutuneet lähtö- ja saapumisajat. Asemakohtaisten suunniteltujen ja toteutuneiden saapumisaikojen erotuksen perusteella voidaan määrittää mahdollisen myöhästymisen suuruus. Tällöin voidaan myös erottaa kulkutiedoista ne junavuorot, joiden myöhästymiset ylittävät lähiliikenteelle määritetyn täsmällisyyden kolmen minuutin raja-arvon. Tieto myöhästyneestä junavuorosta ja mille asemalle tai asemille juna on saapunut aikataulustaan vähintään kolme minuuttia myöhässä on mahdollista yhdistää Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamäärätietojen kanssa. Tällöin tieto myöhästymisistä saadaan kohdistettua suoraan asemakohtaisesti kyseisten vuorojen matkustajien lukumäärään.

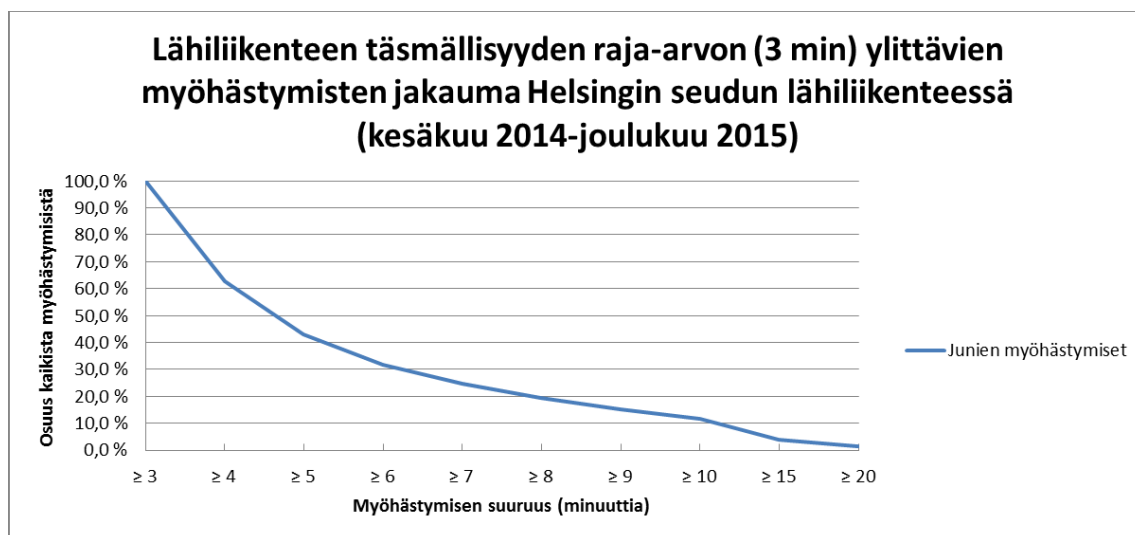
Tässä diplomityössä pyritään muodostamaan kuva matkustajien täsmällisyydestä. Matkustajatäsmällisyyttä on mahdollista tutkia useasta eri näkökulmasta, mutta tässä työssä päädyttiin tutkimaan asemilla poistuvien matkustajien täsmällisyyttä. Asemilla poistuvista matkustajista pyritään erottamaan erikseen ne matkustajat, jotka ovat saapuneet asemalle suunniteltua aikataulua vähintään kolme minuuttia jäljessä. Toisin sanoen työssä tutkitaan vähintään kolme minuuttia aikataulustaan jäljessä saapuvien junavuorojen matkustajamääriä.

Myöhässä olevien matkustajien määrittämiseksi on ensin määritettävä raja-arvot myöhästymisten suuruuksille. Helsingin seudun lähiliikenteen täsmällisyyden kolmen minuutin raja-arvosta saadaan myöhästymisille automaattisesti minimiarvo ja ongelmana onkin lähinnä tarkoituksenmukaisen maksimiarvon määrittäminen. Junien kulkutietoraporteista on huomattu, että raporteista on ajoittain poimittavissa vuoroja, jotka ovat jopa yli tunnin suunniteltua aikatauluaan jäljessä. Tällaisissa tapauksissa kyseisillä junavuoroilla matkustavat ovat kuitenkin suurella todennäköisyydellä liikkeellä aikataulunmukaisesti, vaikka junat itsessään ovat periaatteessa aikataulustaan myöhässä. On hyvin epätodennäköistä, että matkustaja on lähiliikenteessä ollut junan kyydissä yli tunnin. Yli tunnin myöhästymiset kattavat kaikista myöhästymisistä vain murto-osan, mutta suu-

rempien myöhästymisten johdosta tulee määrittää tarkoituksenmukainen maksimiarvo myöhästymisille.

Vastaavasti tilanteissa, joissa juna on saapunut asemalle aikataulustaan myöhässä, mutta ennen seuraavaa junaa, voi edeltävä juna tällöin olla jo seuraavaa junaa odottavalle matkustajalle hänen näkökulmastaan ajoissa, sillä matkustaja ei välttämättä tiedä kyseisen junan olevan eri kuin mitä hän odottaa. Matkustaja voi tällöin olla todellisuudessa etuajassa määränpääasemallaan, mutta hänet kirjataan silti tässä tapauksessa myöhästyneeksi, koska juna oli myöhässä määräasemallaan. Tällaisissa tapauksissa on tässä diplomityössä hyödynnettävien aineistojen puitteissa mahdotonta selvittää, ketkä matkustajista todella ovat myöhässä aikataulustaan, sillä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistolla päästään käsiksi vain yleispiirteiseen matkustajavirtojen tasoon eikä yksittäisten matkustajien matkaketjuja ole mahdollista selvittää.

Kuvaan 4.4 on tarkoituksenmukaisen myöhästymisten maksimiarvon valintaa helpottamaan koottu Helsingin seudun lähiliikenteen täsmällisyyteen kesäkuun 2014 ja joulukuun 2015 välisenä aikana vaikuttaneet myöhästymiskerrat eli vähintään kolmen minuutin myöhästymiset välillä. Kuvaajassa on kuvattu miten kyseisen aikavälin myöhästymiset ovat jakautuneet myöhästymisen suuruuden eli myöhästymisminuuttien mukaan. Kaikkien mahdollisten myöhästymisten sijaan kuvaajaan on pyritty sisällyttämään vain ne myöhästymiset, jotka ovat vaikuttaneet matkustajien saapumistäsmällisyyteen. Myöhästymisten tarkastelussa on siis otettu huomioon pelkästään määrä- ja väliasemilla raportoidut saapumismyöhästymiset. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty 30 minuuttia, jonka ylittäviä myöhästymisiä ei tarkastelussa ole huomioitu.



Kuva 4.4. Helsingin seudun lähiliikenteen täsmällisyyteen vaikuttavien myöhästymisten (vähintään kolmen minuutin myöhästymisten) jakautuminen minuuttimääräisesti. Kuvaajassa on huomioitu pelkästään linjojen A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U määrä- ja väliasemilla raportoidut saapumismyöhästymiset. Junien kulkutiedot on saatu Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnista. Tarkasteltavien myöhästymisten maksimiarvona on käytetty 30 minuuttia.

Helsingin seudun lähiliikenteessä valtaosan myöhästymisistä voidaan sanoa olevan ns. pieniä myöhästymisiä, sillä kuvaajan mukaan alle viiden minuutin myöhästymiset määrä- ja väliasemilla kattavat noin 60 % kaikista myöhästymisistä. Huomioitavaa on myös, että pienimmän vuorovälin eli 10 minuutin maksimiarvolla saadaan kaikista täsmällisyyteen vaikuttavista myöhästymisistä rajattua noin 90 %. 20–30 minuutin myöhästymisten osuus kaikista myöhästymisistä on vain alle 1,5 %, joten niiden merkitys täsmällisyyden kannalta on pieni. Tämän vuoksi matkustajatäsmällisyyttä tarkastellessa suurimpana mahdollisena raja-arvona on käytetty 30 minuuttia, sillä yli 30 minuutin myöhästymisten osuus on vain murto-osa kaikista myöhästymisistä ja muutoinkin voidaan olettaa, että vain poikkeustapauksissa matkustajat matkustavat lähiliikenteessä yli 30 minuuttia henkilökohtaista aikatauluaan jäljessä.

Lopulta myöhästymisten maksimiarvon päätettiin määräytyvän yksittäisen junavuoron liikennöintiajankohdan aikaisen vuorovälin mukaan. Vuoroväliin perustuvan maksimiarvon voidaan olettaa kattavan suurimman osan myöhästymisistä (kuva 4.4) ja todellisuudessa myöhässä olevista matkustajista. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi vilkkaimmin liikennöitävillä vuoroilla tarkasteltavien myöhästymisten maksimiarvot ovat vuoroväleihin pohjautuen ruuhka-aikoina 10 minuuttia, keskellä päivää 10–20 minuuttia ja iltamyöhään 30 minuuttia. Linjojen vuorotarjonnassa on kuitenkin eroja suhteessa toisiinsa, joten jokaiselle linjalle tulee erikseen määrittää yksilöllisesti käytettävät myöhästymisten maksimiarvot eri vuorokaudenaikoina.

Myöhästymisten maksimiarvojen määrittämisen myötä saadaan kaikista määrä- ja väliasemien saapumismyöhästymisistä rajattua osuus, jonka voidaan olettaa vaikuttavan matkustajien saapumistäsmällisyyteen. Matkustajatäsmällisyydellä tarkoitetaan tässä työssä asemalla aikataulunmukaisesti poistuvien matkustajien osuutta kaikista asemalla poistuvista matkustajista. Matkustajatäsmällisyys eli aikataulunmukaisesti poistuvien matkustajien osuus kaikista matkustajista on mahdollista selvittää myös tarkastelemalla asemalla myöhässä poistuvien matkustajien osuutta kaikista matkustajista. Tässä työssä matkustajatäsmällisyyttä on tarkoitus tarkastella selvittämällä ensin junien kulkutietoja ja matkustajamäärätietoja yhdistämällä myöhässä poistuneiden matkustajien osuudet linjoittain ja asemittain. Myöhässä poistuneiden matkustajien ja poistuneiden kokonaismäärän ollessa tiedossa on mahdollista määrittää sekä linja- että asemakohtainen matkustajatäsmällisyys ottamalla näiden suhteesta käänteisluvun eli kaavalla

$$\left(1 - \frac{\text{myöhässä asemalla poistuneet matkustajat}}{\text{kaikki asemalla poistuneet matkustajat}}\right) * 100\%.$$

Toisin kuin Alankomaiden tai Sveitsin matkustajatäsmällisyyden mittaamenetelmissä, tässä työssä matkustajatäsmällisyyden tarkastelu rajataan käsittelemään vain asemalla poistuvia matkustajia, sillä Helsingin seudun liikenteen matkustajamääräaineiston perusteella on mahdotonta määrittää vaihtomatikustajien osuutta kaikista matkustajista. Matkustajatäsmällisyyden tarkastelua rajoittaa osaltaan myös seuranta-asemien lukumäärä. Seuranta-asemia on Helsingin seudun lähiliikenteessä käytössä 15 kappaletta

(luku 2.3). Tämän vuoksi junien kulkutiedot eivät sisällä kaikkien väliasemien kulkutietoja, jolloin myöskään kyseisillä asemilla ei ole mahdollista tutkia matkustajien täsmällisyyttä, vaikka matkustajamäärätietoa onkin saatavilla jokaiselta Helsingin seudun lähiliikenteen asemalta.

5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

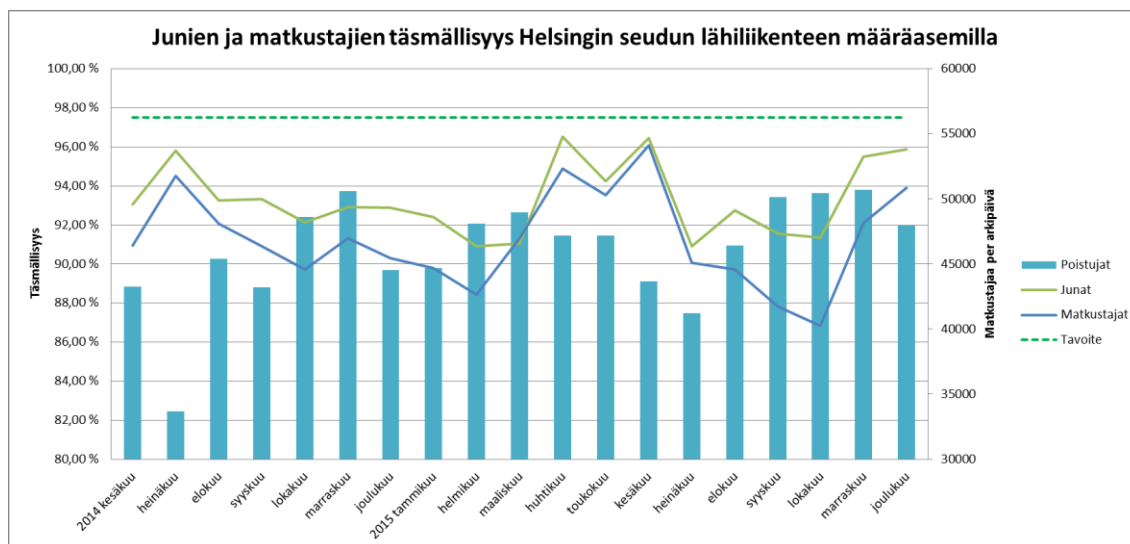
5.1 Junien ja matkustajien täsmällisyys määräasemilla Helsingin seudun lähiliikenteessä

5.1.1 Täsmällisyys määräasemilla yleisesti

Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston ja Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnista saatavien junien kulkutietojen avulla on mahdollista tutkia matkustajatäsmällisyyttä linjakohtaisesti niin määrä- kuin väliasemilla seuranta-asemien mahdollistamissa rajoissa. Työn yhtenä tavoitteena oli selvittää, onko perinteisen junien kulun täsmällisyyden ja matkustajatäsmällisyyden välillä huomattavissa selkeää korrelaatiota. Helsingin seudun lähiliikenteessä junien kulun täsmällisyys ilmoittaa kaikista junista niiden junien osuuden, jotka ovat saapuneet määräasemalleen alle kolme minuuttia aikataulustaan jäljessä. Mittaustavassa huomioidaan pelkästään junien saapumiset määräasemille, eikä junien mahdollisia myöhästymisiä väliasemilla oteta huomioon. Mikäli halutaan verrata junien kulun täsmällisyyttä ja matkustajatäsmällisyyttä keskenään, tulee siis myös matkustajatäsmällisyydessä huomioida pelkästään Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla poistuvat matkustajat.

Määräasemien lisäksi tarkastelua rajattiin myös viikonpäivien osalta. Täsmällisyyslukujen vertailussa haluttiin kuvata tilannetta mahdollisimman tavanomaisessa arkipäiväliikenteessä. Tämän vuoksi tarkasteluun on sisällytetty vain arkipäivät maanantaista torstaihin. Tarkastelusta ei kuitenkaan ole erikseen poistettu mahdollisia arkipäiville sijoitettuja juhlapyyhiä. Juhlapyhät ovat sinällään poikkeuksellisia päiviä myös liikenteen osalta, mutta isossa kuvassa yksittäisten juhlapyhien vaikutus täsmällisyyteen voidaan olettaa olevan melko vähäinen.

Kuvaan 5.1 on koottu junien ja matkustajien täsmällisyydet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla arkipäiväliikenteessä aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Kuvaajassa on esitetty junien ja matkustajien saapumistäsmällisyyttä määräasemilla eli ts. kuinka suuri osuus Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemille saapuneista junista ja matkustajista on saapumishetkellä ollut alle kolme minuuttia aikataulutetusta saapumisajasta jäljessä. Myöhästymisen maksimiarvo on määräytynyt kussakin tapauksessa linjan myöhästymisajankohdan aikaisen vuorovälin perusteella. Kuvaajaan on lisätty havainnollistamisen vuoksi myös määräasemilla poistuvien matkustajien keskimääräiset päivittäiset lukumäärät kuukausittain.



Kuva 5.1. Junien ja matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Junien täsmällisyys kuvaa täsmällisten junien (määräasemalla alle kolme minuuttia aikatauluun jäljessä) osuutta kaikista junista ja matkustajien täsmällisyys määräasemilla täsmällisesti poistuneiden matkustajien osuutta kaikista määräasemilla poistuneista matkustajista. Määräasemilla poistuvien matkustajien lukumäärä kuvaa keskimääräistä yhtenä arkipäivänä poistuvien lukumäärää. Sekä junien että matkustajien täsmällisyydet on määritetty Helsingin seudun lähiliikenteen linjojen A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U junien kulkutietojen ja matkustajamäärätietojen perusteella. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

Helsingin seudun lähiliikenteessä matkustajien täsmällisyys määräasemilla on ollut tarkastelujakson aikana lähes poikkeuksetta junien kulun täsmällisyyttä heikompa. Kuvan 5.1 mukaan matkustajatäsmällisyys on ollut useimpina kuukausina yli kaksi prosenttiyksikköä junatäsmällisyyttä jäljessä: poikkeuksena vuoden 2015 maaliskuu, jolloin matkustajatäsmällisyys on noussut jopa hieman junien täsmällisyyttä paremmaksi. Kuvasta on huomattavissa, että kesäkuukausina, jolloin matkustajamäärät ovat suhteessa muuta vuotta pienempiä, matkustajien ja junien määräasematäsmällisyydet ovat lähempänä toisiaan. Muina vuodenaikoina täsmällisyyksien erot ovat olleet selkeämmät.

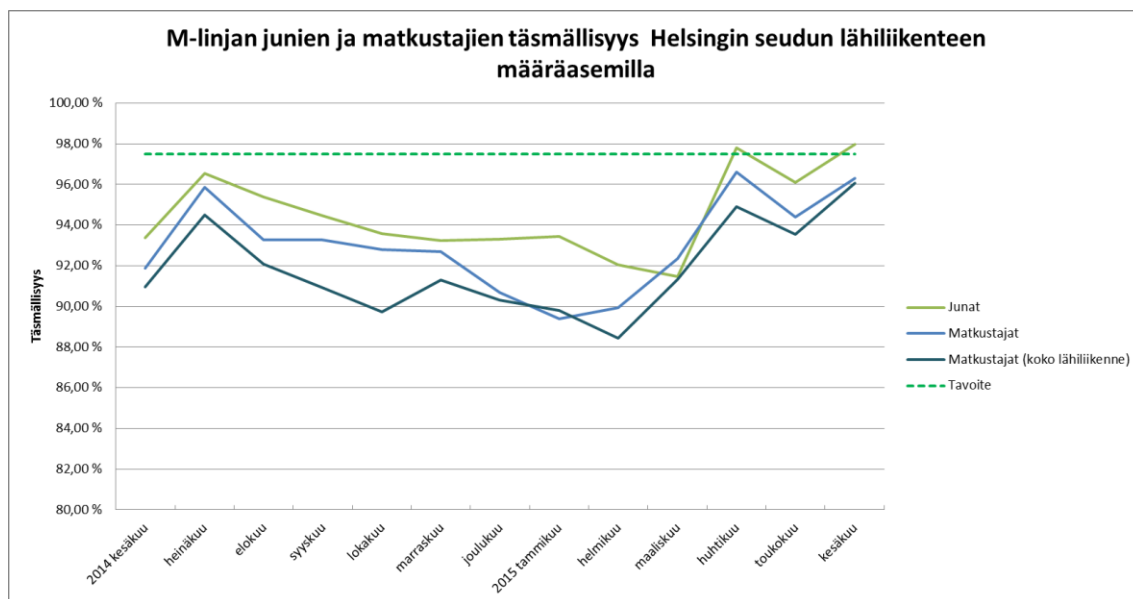
Yksittäisenä vaikuttavana tapauksena on syytä nostaa esille Kehärata, joka otettiin käyttöön heinäkuussa 2015. Tällöin linja M poistui käytöstä ja Helsingin seudun lähiliikenteessä otettiin käyttöön uusi linja P, joka yhdessä linja I:n kanssa liikennöi uudella Kehäradalla. Kehäradan käyttöönoton jälkeen matkustajamäärät ovat lähiliikenteessä kasvaneet suhteessa edellisen vuoden vastaavaan ajanjaksoon. Samalla myös junien ja matkustajien täsmällisyys on laskenut verrattuna edelliseen vuoteen. Osittain täsmällisyyden heikentymistä voidaan selittää matkustajamäärien kasvulla, mutta täsmällisyyttä ovat heikentäneet ennen kaikkea uudenlaisen rataosuuden mukana tulleet käytännön toteutuksen ongelmat.

Junien kulun ja matkustajien täsmällisyyksien korrelaatiota tutkiessa voidaan oletusarvoisesti todeta matkustajatäsmällisyyden olevan riippuvainen junien kulusta ja täsmällisyydestä. Luvussa 3.3.2 havaittiin Sveitsin henkilökaukoliikenteessä matkustajien täsmällisyyden olleen menneinä vuosina poikkeuksetta vähintään muutaman prosenttiyksikön junien täsmällisyyttä heikompi. Tutkimustulokset eivät suoraan ole verrattavissa tämän diplomityön tuloksiin, sillä tässä työssä tutkitaan henkilökaukoliikenteen sijaan lähiliikennettä. Tästä huolimatta voidaan matkustajien ja junien täsmällisyyksistä tehdä vastaavat johtopäätökset kuin Sveitsin henkilökaukoliikenteen tapauksessa.

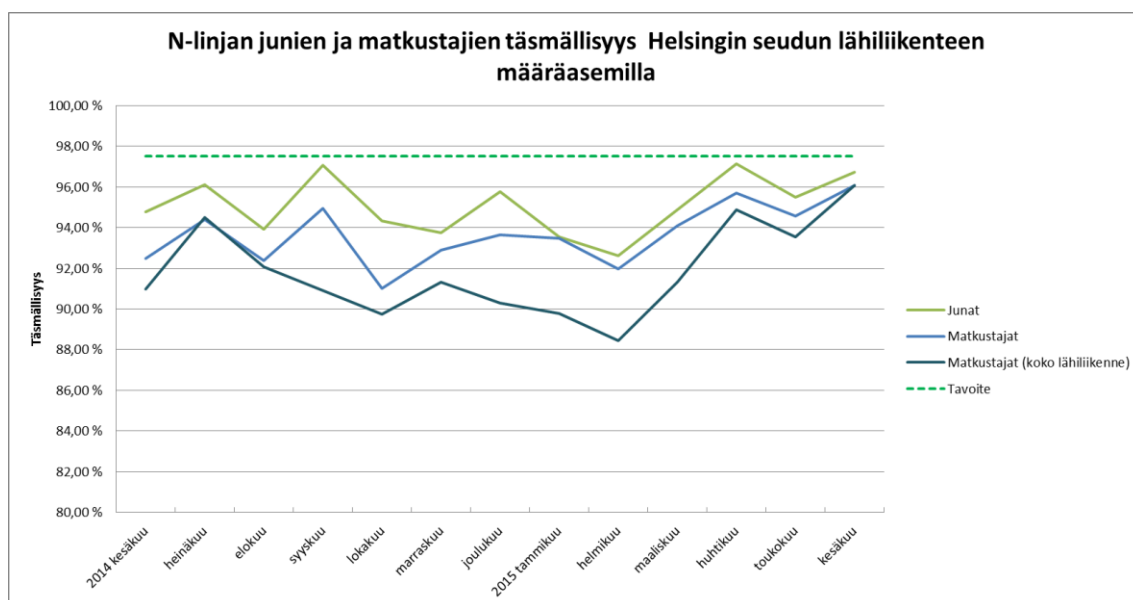
Koska suurimmaksi osaksi tarkastelujaksoa matkustajatäsmällisyys on ollut säännönmukaisesti junien kulun täsmällisyyttä heikompa, voidaan junien myöhästymisten olettaa painottuvan pääasiassa kuormitetuimmille vuoroille. Matkustajatäsmällisyyden voidaan todeta paranevan sitä mukaa, mitä enemmän myöhästymiset kohdistuvat vähemmän kuormitetuimmille vuoroille. Junavuorot ovat kuormitetuimpia ruuhka-aikoina, jolloin oletettavasti myös junien kulun ja matkustajien täsmällisyydet ovat tällöin muita ajankohtia heikompia. Matkustajien ruuhka-ajan sekä muun ajan täsmällisyyksien eroavaisuuksia Helsingin seudun lähiliikenteen määrä- ja väliasemilla on tutkittu tarkemmin luvussa 5.3.

5.1.2 Täsmällisyys määräasemilla linjoittain ja rataosittain

Kuvan 5.1 juna- ja matkustajatäsmällisyyksien kuvaajiin on sisällytetty kaikki edellä mainitut Helsingin seudun lähiliikenteen linjat. Tuloksena on siis kokonaiskuva lähiliikenteen täsmällisyydestä. Edellä esitettyyn teoriaan myöhästymisten painottumisesta kuormitetuimmille junavuoroille voidaan hakea todistepohjaa myös tarkastelemalla Helsingin seudun lähiliikenteen kuormitetuimpia linjoja yksittäisesti. Tällöin nähdään noudattavatko kuormitetuimpien linjojen juna- ja matkustajatäsmällisyydet lähiliikenteen täsmällisyyden kokonaiskuvaa. Alaluvussa 4.3 esitettiin kokonaismatkustajamäärän jakautumista linjoittain ennen Kehärataa sekä Kehäradan käyttöönoton jälkeen. Kesäkuun 2014 ja kesäkuun 2015 välillä yli 50 % kokonaismatkustajamäärästä painottui linjoille M (25 %) ja N (28 % kaikista matkustajista). Kyseisten linjojen linjakohtaiset junien ja matkustajien täsmällisyydet määräasemilla on esitetty kuvissa 5.2 ja 5.3. Kuvissa on esitetty juna- ja matkustajatäsmällisyyksien lisäksi vertailun vuoksi myös koko Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien keskimääräinen täsmällisyys määräasemilla.



Kuva 5.2. M-linjan junien ja matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä kesäkuu 2014-kesäkuu 2015. Junien ja matkustajien täsmällisyydet kuvaavat niiden junien ja matkustajien osuutta, jotka ovat saapuneet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemille alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Vertailupohjana on käytetty koko lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyttä, joka kattaa linjat A, E, I, K, L, M, N, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

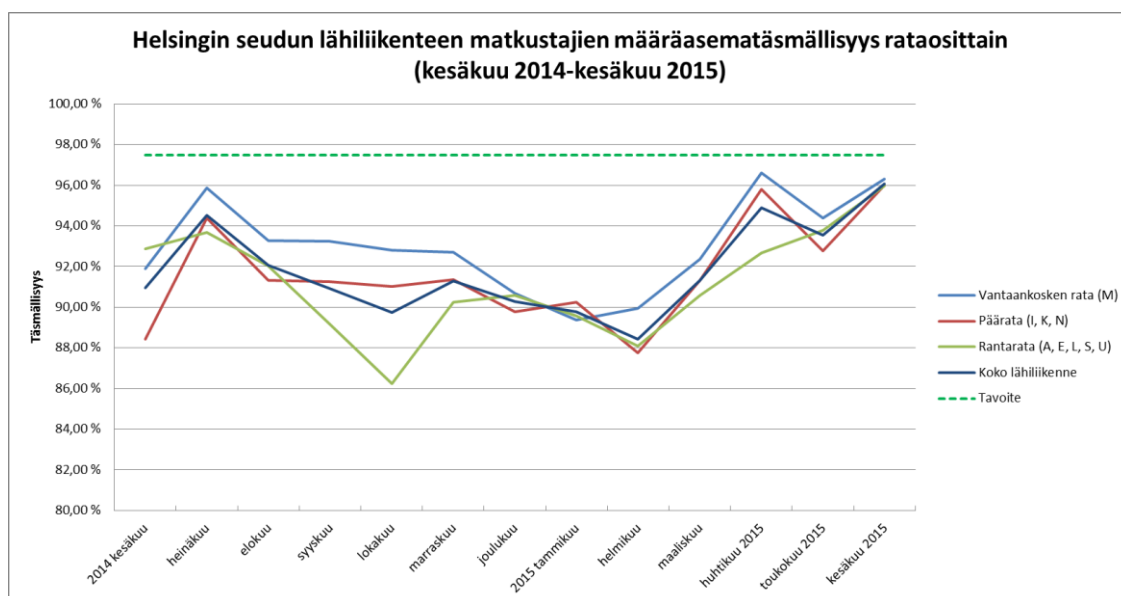


Kuva 5.3. N-linjan junien ja matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä kesäkuu 2014-kesäkuu 2015. Junien ja matkustajien täsmällisyydet kuvaavat niiden junien ja matkustajien osuutta, jotka ovat saapuneet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemille alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Vertailupohjana on käytetty koko lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyttä, joka kattaa linjat A, E, I, K, L, M, N, S ja U. Myöhästymisten

maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

Kuvista 5.2 ja 5.3 huomataan, että pääsääntöisesti myös yksittäisten kuormitetuimpien linjojen kohdalla junatäsmällisyys on matkustajatäsmällisyyttä parempi. Huomionarvoista on kuitenkin se, että ennen Kehäradan käyttöönottoa senaikaisten kuormitetumpien linjojen eli linjojen M ja N linjakohtainen matkustajatäsmällisyys on ollut poikkeuksetta parempi kuin Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräinen matkustajatäsmällisyys. Aikavälillä kesäkuu 2014–kesäkuu 2015 myös linja A:n (11 % kaikista matkustajista) matkustajien täsmällisyys määräasemilla on selkeästi ollut keskimääräistä matkustajatäsmällisyyttä korkeampi (liite 1). Tällöin havaitaan, että kuormitetumpien linjojen matkustajatäsmällisyyksien ollessa keskimääräistä täsmällisyyttä korkeampi, ovat matkustajien täsmällisyyttä määräasemilla ovat heikentäneet ennen kaikkea vähemmän kuormitettujen linjojen junavuoroihin kohdistuneet myöhästymiset.

Tutkittaessa matkustajien määräasematäsmällisyyttä rataosittain ennen Kehärataa korostuu M-linjan korkea matkustajatäsmällisyys, sillä liikennöidessään se oli ainoa omalla rataosallaan kulkenut linja. Kuten todettua, Vantaankosken radalla heinäkuuhun 2015 saakka liikennöineen M-linjan matkustajien määräasematäsmällisyys oli aikavälillä kesäkuu 2014–kesäkuu 2015 keskimääräistä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien määräasematäsmällisyyttä parempi. Kuvaan 5.4 on lisätty Vantaankosken radan ohella Pääradan ja Rantaradan määräasematäsmällisyydet sekä vertailun vuoksi myös Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräinen matkustajien määräasematäsmällisyys aikavälillä kesäkuu 2014–kesäkuu 2015.

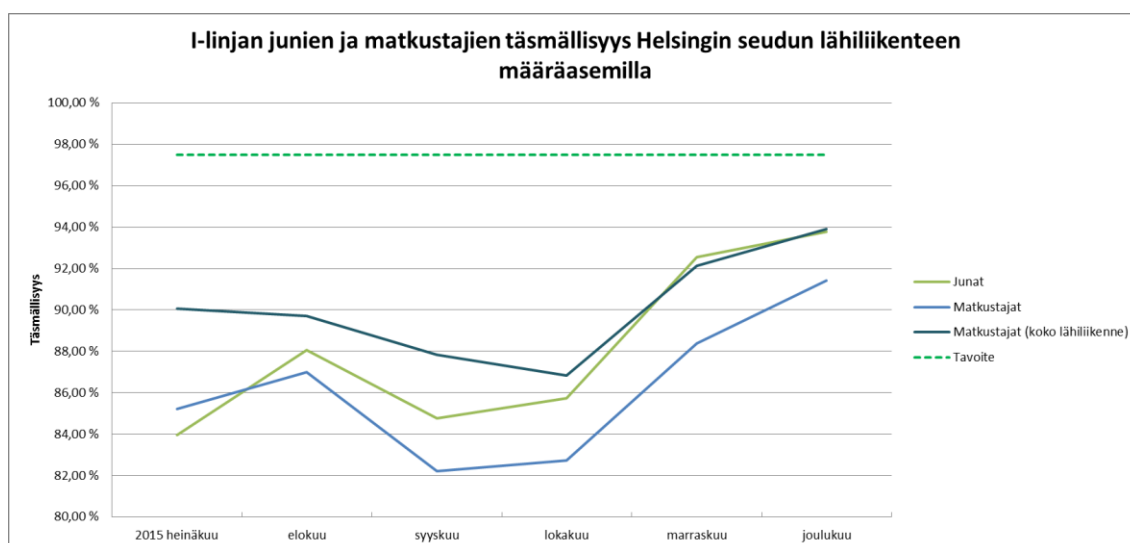


Kuva 5.4. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai–torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla rataosittain aikavälillä kesäkuu 2014–kesäkuu 2015. Eri rataosien matkustajien täsmällisyydet määräasemilla kuvaavat rataosittain Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla täsmällisesti poistuneiden matkustajien osuutta

kaikista määräasemilla poistuneista matkustajista. Matkustajatäsmällisyydet on määritetty lähiliikenteen linjojen A, E, I, K, L, M, N, S ja U junien kulkutietojen ja matkustajamäärätietojen perusteella. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

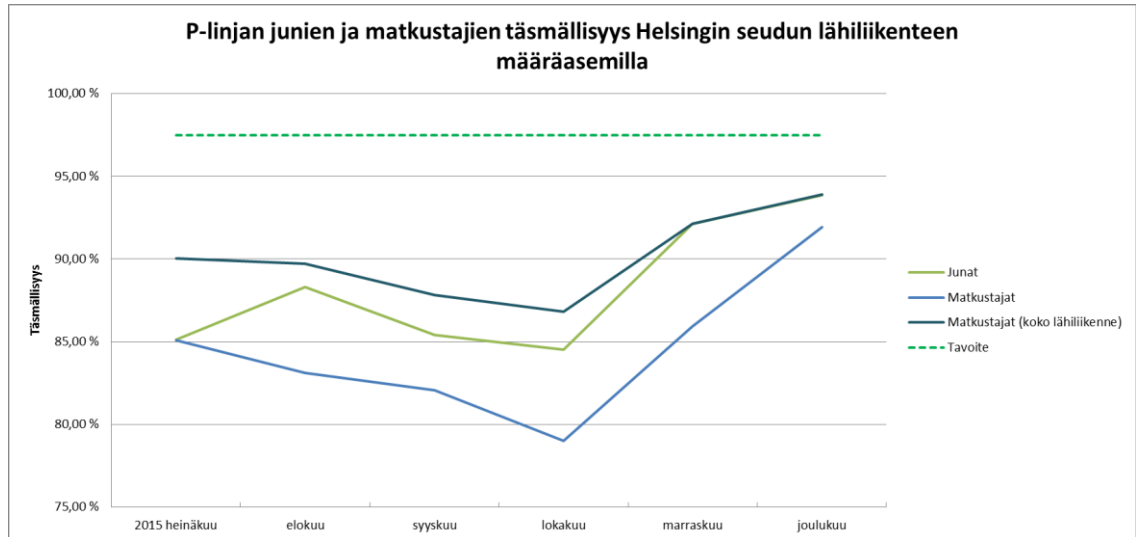
Kesäkuun 2014 ja kesäkuun 2015 välisenä aikana Pääradan matkustajien täsmällisyys määräasemilla mukailee melko hyvin Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien keskimääräistä täsmällisyyttä määräasemilla. Sen sijaan Rantaradalla matkustajien täsmällisyys on ollut pääasiassa keskimääräistä matkustajatäsmällisyyttä heikompi. Kuukausitasolla Pääradalla matkustajia on ollut keskimäärin noin 42 % ja Rantaradalla noin 33 % kaikista matkustajista. Tästä huolimatta määränpäässä poistuneiden matkustajien osuus on molemmilla rataosilla ollut 37–38 % kaikista määräasemilla poistuneista matkustajista. Myöskään ajettavien vuorojen lukumäärässä ei Pääradan ja Rantaradan välillä ole ollut suurta eroa. Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston mukaan Rantaradalla ajettiin noin 38 % ja Pääradalla noin 35 % kaikista aikavälin kesäkuu 2014–kesäkuu 2015 junavuoroista. Rantaradan matkustajien heikompi täsmällisyys suhteessa muihin rataosiin selittyy osaltaan henkilökaukoliikenteen myöhästymisillä, jotka ovat heijastuneet Rantaradan lähiliikenteen junavuoroihin. Erillisenä tarkasteltuna havaittiin, että Rantaradan matkustajien täsmällisyys määräasemilla noudattaa melko lailla henkilökaukoliikenteen junien saapumistäsmällisyyttä Rantaradan seuranta-asemilla (liite 2).

Kehäradan käyttöönoton jälkeen matkustajamääräosuuksien perusteella kuormitetuimmat linjat ovat puolestaan olleet Kehäradan linjat I ja P sekä linja K. Linjat I ja P kattavat nykyisellään lähes puolet (49 %) ja linja K 20 % kaikista Helsingin lähiliikenteen matkustajista. Näiden linjojen linjakohtaiset junien ja matkustajien täsmällisyydet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla on esitetty kuvissa 5.5–5.7.

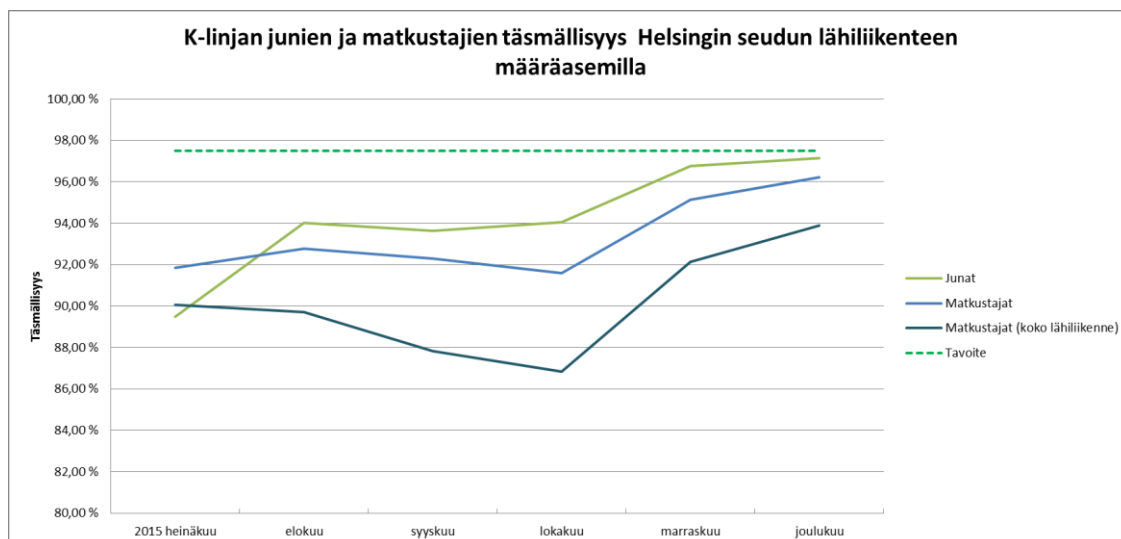


Kuva 5.5. I-linjan junien ja matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai–torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä heinä–joulukuu 2015. Junien

ja matkustajien täsmällisyydet kuvaavat niiden junien ja matkustajien osuutta, jotka ovat saapuneet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemille alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Vertailupohjana on käytetty koko lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyttä, joka kattaa linjat A, E, I, K, L, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.



Kuva 5.6. P-linjan junien ja matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä heinä-joulukuu 2015. Junien ja matkustajien täsmällisyydet kuvaavat niiden junien ja matkustajien osuutta, jotka ovat saapuneet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemille alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Vertailupohjana on käytetty koko lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyttä, joka kattaa linjat A, E, I, K, L, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.



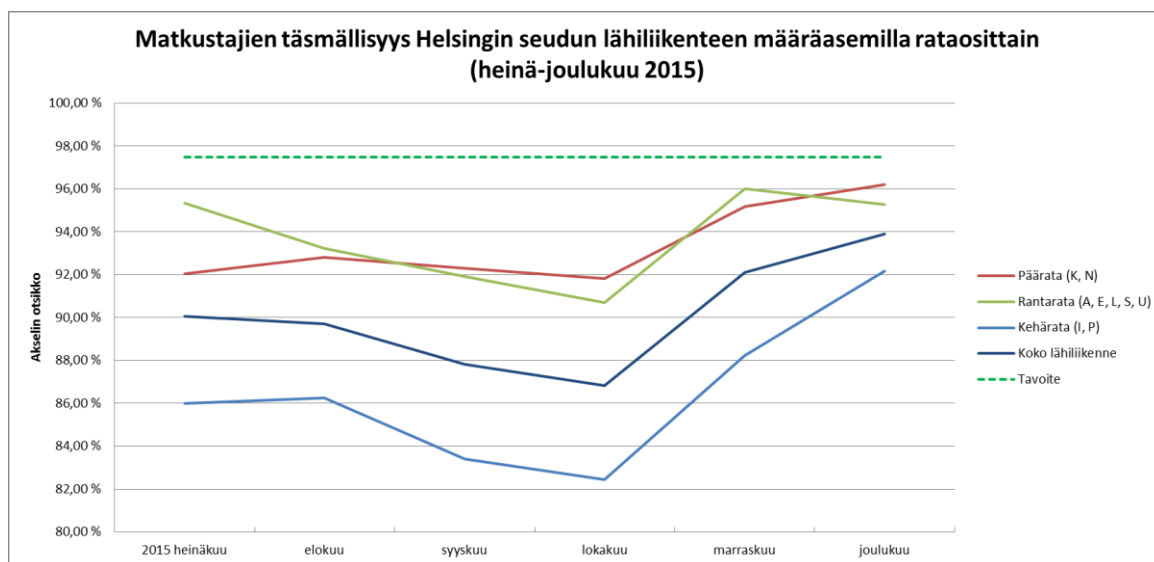
Kuva 5.7. K-linjan junien ja matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä heinä-joulukuu 2015. Junien ja matkustajien täsmällisyydet kuvaavat niiden junien ja matkustajien osuutta, jotka ovat saapuneet Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemille alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Vertailupohjana on käytetty koko lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyttä, joka kattaa linjat A, E, I, K, L, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyydestavoite 97,5 %.

Heinäkuun 2015 jälkeisenä aikana Kehäradan linjojen I:n ja P:n matkustajatäsmällisyyksien huomataan jääneen toistaiseksi alle keskimääräisen Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien täsmällisyyden. Molemmissa tapauksissa täsmällisyydet ovat jääneet selvästi alle keskimääräisen tason. I-linjalla matkustajien täsmällisyys määräasemilla on kuukausittain ollut keskimääräistä matkustajatäsmällisyyttä 2-4 prosenttiyksikköä pienempi. Vastaavasti linja P on jäänyt vuoden 2015 joulukuuta lukuun ottamatta keskimääräisestä matkustajatäsmällisyydestä poikkeuksetta yli 4 prosenttiyksikköä. Merkittävin romahdus linja P:n matkustajien täsmällisyydessä määräasemilla koettiin lokakuussa 2015, jolloin täsmällisyys painui 80 %:n tuntumaan keskimääräisen matkustajatäsmällisyyden ollessa kyseisenä ajankohtana kuitenkin noin 87 %.

Kehäradan käyttöönoton jälkeisistä kokonaismatkustajamääristä noin puolet (49 %) on jakautunut Kehäradan linjojen I ja P kesken. Linja K on matkustajamääräosuudeltaan hieman Kehäradan linjoja pienempi (20 % kaikista matkustajista), mutta sillä matkustajien täsmällisyys määräasemilla on selkeästi ollut keskimääräistä matkustajatäsmällisyyttä korkeampi. Linjakohtaisia matkustajatäsmällisyyksiä tarkasteltaessa huomataankin, että verrattaessa keskimääräiseen Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyteen on tilanne päinvastainen kuin mitä ennen Kehärataa. Vähemmän kuormitettujen linjojen matkustajatäsmällisyydet ovat pääasiassa olleet Kehäradan valmistuksen jälkeen keskimääräistä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien matkustajatäsmällisyyttä korkeampia. Matkustajien täsmällisyyteen määräasemilla ovatkin vaikut-

taneet erityisesti kuormitetuimpien linjojen eli Kehäradan linjojen junavuoroihin kohdistuneet myöhästymiset.

Kehäradan linjojen vaikutus matkustajien täsmällisyyteen määräasemilla on nähtävissä myös kuvasta 5.8, jossa on esitetty matkustajien täsmällisyys Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla rataosittain aikavälillä heinä-joulukuu 2015. Kehäradan linjojen yhdistetty matkustajatäsmällisyys on jäänyt Kehäradan liikennöinnin aikana selvästi Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräisestä matkustajatäsmällisyydestä. Yhtenä syynä voidaan nostaa esille suuremmat matkustajamäärät suhteessa muihin rataosiin. Tarkasteltaessa matkustajien täsmällisyyttä määräasemilla eri rataosilla kokonaismatkustajamääräosuuden ohella myös osuus kaikista määräasemilla poistuvista on suurin Kehäradalla (noin 46 % kaikista Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla poistuvista).



Kuva 5.8. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla rataosittain aikavälillä heinä-joulukuu 2015. Eri rataosien matkustajien täsmällisyydet kuvaavat rataosittain Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla täsmällisesti poistuneiden matkustajien osuutta kaikista määräasemilla poistuneista matkustajista. Matkustajatäsmällisyydet on määritetty lähiliikenteen linjojen A, E, I, K, L, N, P, S ja U junien kulkutietojen ja matkustajamäärätietojen perusteella. Myöhästymisten maksimi arvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisätty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyydestavoite 97,5 %.

Matkustajamäärien ohella Kehäradan heikko täsmällisyys selittyy osaltaan myös täysin uudenlaisesta rataosuudesta Suomessa. Käyttöön otettaessa uusi rataosuus oli lyhyen vuorovälinsä (10 minuuttia) johdosta tiukkaan aikataulutettu, eikä se juurikaan sisältänyt aikataulujen sisällä joustovaraa myöhästymisten varalta. Kehäradan aikataulut oli mitoitettu testiajojen perusteella, eikä niiden toimivuudesta ollut varmuutta normaalissa tilanteessa. Lyhyen vuorovälin johdosta mahdolliset myöhästymiset heijastuivat tavallista enemmän muiden junavuorojen liikennöintiin. Lisäksi kuljettajien ajotavoissa ha-

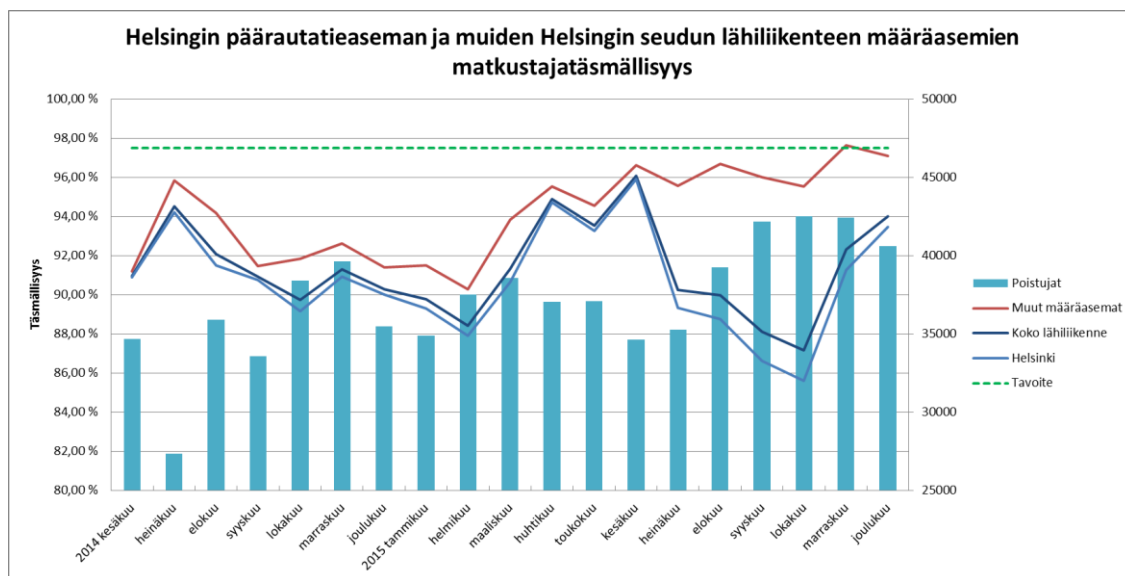
vaittiin eroja, minkä vuoksi junavuorojen ajoajoissa oli havaittavissa merkittävää hajontaa. Pahin romahdus junien ja matkustajien täsmällisyyksissä koettiin lokakuussa 2015, jolloin matkustajatäsmällisyys painui alle 88 %:n.

Työssä tutkittiin erillisenä katsauksena Kehäradan matkustajatäsmällisyyden kehitystä myös alkuvuoden 2016 osalta. Matkustajien täsmällisyys määräasemilla romahti Kehäradalla tammikuussa 2016 77 %:n tuntumaan, mutta tämän jälkeen voidaan matkustajatäsmällisyyden todeta vakioituneen 91–92 %:n tasolle (liite 3).

Tulosten mukaan ei tule automaattisesti olettaa, että ensisijaisesti kuormitetuimmat linjat heikentäisivät matkustajien täsmällisyyttä määräasemilla. Tutkittaessa junien ja matkustajien täsmällisyyksiä ennen Kehärataa aikavälillä kesäkuu 2014–kesäkuu 2015 havaittiin matkustajatäsmällisyyttä heikentäneen ennen kaikkea vähemmän kuormitetuimpien linjojen junavuoroihin kohdistuneet myöhästymiset. Toisaalta Kehäradan käyttöönoton jälkeen eli heinäkuun 2015 jälkeisenä aikana nimenomaisesti kuormitetuimmat linjat eli Kehäradan linjat I ja P ovat heikentäneet matkustajien täsmällisyyttä määräasemilla. Tuloksista nousee esille siis myös matkustajatäsmällisyyden sidoksisuus tarkasteltavaan rataosaan.

5.1.3 Täsmällisyys Helsingin päärautatieasemalla

Helsingin seudun lähiliikenteessä kaikkia linjoja yhdistävänä tekijänä on Helsingin päärautatieasema, joka toimii jokaisen linjan toisena päätepisteenä. Helsingin päärautatieaseman merkitys on suuri jokaisen linjan kohdalla, sillä jokaisella linjalla poistuvien matkustajien osuus painottuu Helsingin päärautatieasemalle. Tarkasteluajanjakson kesäkuu 2014–joulukuu 2015 aikana noin 80 % Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla poistuvista matkustajista poistui juuri Helsingin päärautatieasemalla. Kuukausitasolla suhde on pysynyt likipitään samana. Poistuvien matkustajien painottuessa Helsingin päärautatieasemalle on Helsingissä poistuvien matkustajien täsmällisyydellä merkittävä vaikutus matkustajatäsmällisyyteen suhteessa muihin määräasemiin.



Kuva 5.9. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin päärautatieasemalla ja muilla Helsingin seudun lähiliikenteen määräasemilla aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Matkustajien täsmällisyydellä tarkoitetaan sitä osuutta matkustajista, jotka poistuvat määräasemilla alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Tarkastelussa ovat mukana Helsingin seudun lähiliikenteen linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvassa on esitetty myös Helsingin päärautatieasemalla poistuneiden matkustajien keskimääräinen yhden arkipäivän kokonaismatkustajamäärä. Kuvaan on lisäksi lisätty Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräinen matkustajien määräasematäsmällisyys sekä lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

Poistuvien matkustajien painottuminen ja Helsingin päärautatieaseman vaikutus Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräiseen matkustajatäsmällisyyteen on nähtävissä kuvasta 5.9. Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajien täsmällisyys määräasemilla noudattelee suurelta osin Helsingin päärautatieaseman matkustajatäsmällisyyttä johtuen juuri siitä, että suurin osa (noin 80 %) määräasemilla poistuvista matkustajista painottuu Helsingin päärautatieasemalle. Merkittävää on myös Helsingin ja muiden määräasemien matkustajatäsmällisyyksien erot etenkin Kehäradan käyttöönoton jälkeisenä aikana. Osittaisena selityksenä on matkustajamäärien kasvu, jonka vaikutukset matkustajavirtojen painottumisen johdosta näkyvät etenkin Helsingin päärautatieasemalla. Kehäradan käyttöönoton jälkeen Helsingin päärautatieasemalla on parhaimmillaan poistunut yhtenä arkipäivänä keskimäärin yli 40 000 matkustajaa ja suurimmillaan kasvua on poistuvien matkustajien lukumäärässä ollut lähes 30 % edellisen vuoden vastaavaan ajanjaksoon verrattuna.

Matkustajavirtojen painottuneisuus Helsinkiin näkyy myös tarkasteltaessa linjakohtaisesti poistuvien matkustajien jakautumista väli- ja määräasemittain. Linjasta riippuen Helsingin päärautatieasemalla poistuvien osuus on 20–30 % kaikista linjan matkustajista. Helsinkiin painottuvia matkustajavirtoja vahvistaa osaltaan myös vilkas Pasilan asema, joka on Helsingin päärautatieaseman ohella merkittävä rautateiden henkilöliikenne-

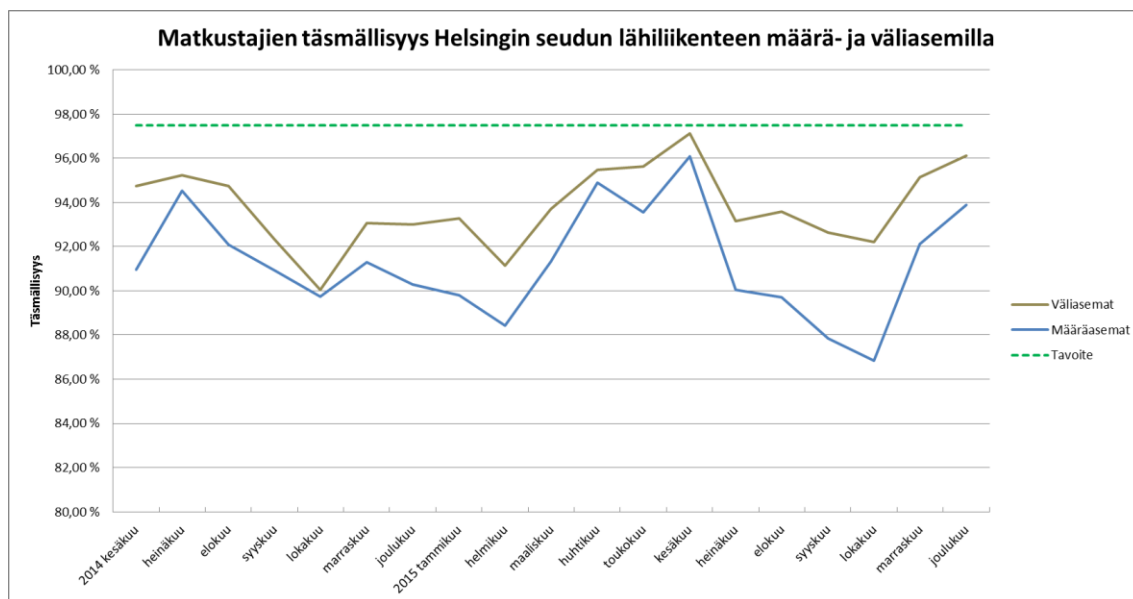
keskittymä Helsingin kaupungin alueella ja koko pääkaupunkiseudulla. Matkustajamäärillä mitattuna Pasilan asema on Suomen toiseksi suurin rautatieasema Helsingin päärautatieaseman jälkeen ja jokainen Helsinkiin kulkeva kauko- tai lähijuna kulkee Pasilan aseman kautta. Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston perusteella linjasta riippuen 10–15 % poistuvista matkustajista painottuu Pasilan asemalle. Pasilan asemalla poistuvien matkustajien osuus korostaa matkustajien painottumista Helsingin päärautatieaseman suuntaan, sillä linjasta riippumatta vähintään noin kolmannes (noin 30 %) kaikista matkustajista poistuu joko Helsingin päärautatieasemalla tai Pasilan asemalla.

5.2 Matkustajien täsmällisyys väliasemilla Helsingin seudun lähiliikenteessä

5.2.1 Täsmällisyys väliasemilla yleisesti

Luvussa 3.1 todettiin nykyisen täsmällisyysmittarin yhtenä puutteena matkustajamäärien painotuksen puuttumisen ohella olevan myös se, että mittari mittaa täsmällisyyttä vain määräasemilla. Tällöin väliasemien täsmällisyydestä ei saada tietoa. Määräasematäsmällisyyden pohjalta ei voida päätellä mitään väliasemien täsmällisyydestä, sillä etenkin henkilökaukoliikenteessä täsmällisyys voi vaihdella matkan aikana. Juna saattaa olla matkansa aikana myöhässä useimmilla asemilla, mutta kiriä aikataulunsa kiinni määräasemalle saavuttaessa. Toisaalta juna voi myös kulkea koko matkansa aikataulun mukaisesti, mutta syystä tai toisesta myöhästyä määräasemallaan. Henkilökaukoliikenteen lisäksi myös lähiliikenteessä on mahdollista, että täsmällisyys vaihtelee linjan sisäisesti eri asemien välillä. Määrä- ja väliasemien täsmällisyydet eivät välttämättä vastaa toinen toisiaan, jolloin väliasemien täsmällisyyttä on syytä tutkia erikseen.

Helsingin seudun lähiliikenteen määrä- ja väliasemien matkustajatäsmällisyyksien eroja on havainnollistettu kuvassa 5.10. Vastaavalla tavalla kuin aiemmin määräasemien matkustajatäsmällisyydessä, väliasematäsmällisyydessä on tutkittu väliasemilla myöhässä poistuvien matkustajien osuutta kaikista poistuvista matkustajista. On kuitenkin huomioitava, ettei Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemien verkosto kata kaikkia väliasemia, jolloin Liikenneviraston raportointiportaalin rataraportoinnista saatavat junien kulkutiedot ovat osaltaan puutteellisia. Junien kulkutietoihin on raportoitu vain isompien väliasemien junien kulkutiedot, minkä vuoksi on mahdotonta saada kuvaa pienempien väliasemien junien kulun ja matkustajien täsmällisyydestä. Väliasemien puuttumisen vuoksi saatava täsmällisyysluku kattaa vain noin 25 % kaikista maanantain ja torstain välisenä aikana väliasemilla poistuvista matkustajista. Siispä noin 75 % väliasemilla poistuvista matkustajista jää kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.



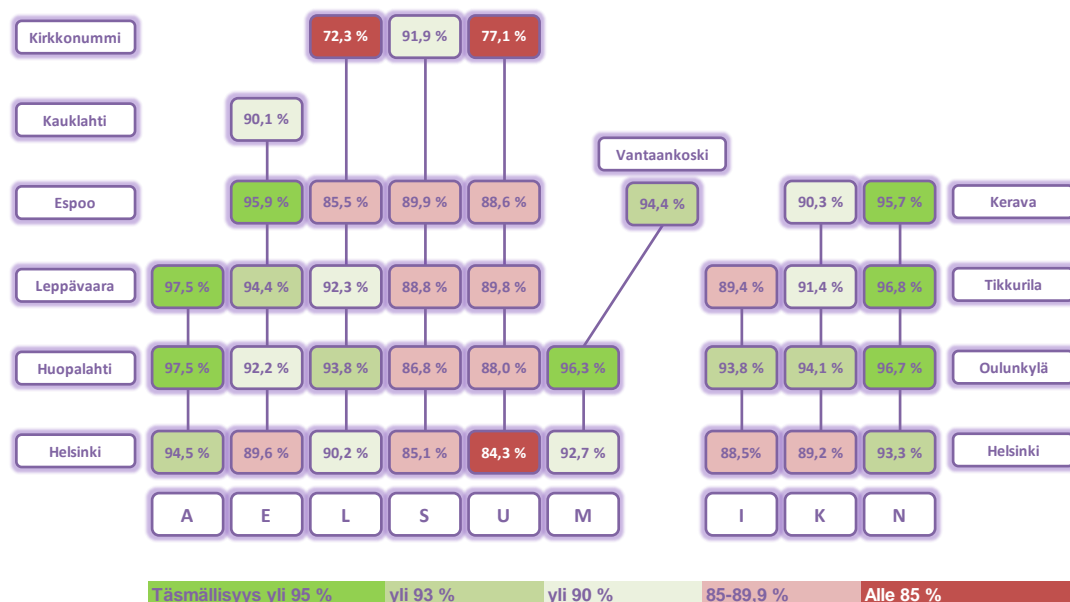
Kuva 5.10. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määrä- ja väliasemilla aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Määrä – ja väliasematäsmällisyydet kuvaavat sitä osuutta matkustajista, jotka ovat poistuneet asemilla alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Tarkasteluun on valittu Helsingin seudun lähiliikenteen linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Väliasemat ovat eri linjareittien määräasemien välisiä asemia. Tarkastelussa ei ole huomioitu kaikkia väliasemia, vaan ainoastaan ne, joista on saatavilla junien kulkutiedot (ts. Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemat). Kuvaan on myös lisätty Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyydestavoite 97,5 %.

Matkustajien täsmällisyys väliasemilla on aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015 ollut poikkeuksetta määräasemien matkustajatäsmällisyyttä korkeampi. Täsmällisyyksien erot eivät sinällään ole ennen Kehärataa olleet merkittäviä, vaan erot ovat korostuneet vasta Kehäradan käyttöönoton jälkeisenä aikana. Määräasemien matkustajatäsmällisyyden koettua merkittävän notkahduksen vuoden 2015 heinäkuun jälkeen laski samalla myös matkustajien täsmällisyys väliasemilla. Väliasemien täsmällisyyden heikkeneminen ei kuitenkaan ole ollut aivan yhtä merkittävää kuin mitä määräasemilla. Etenkin välillä kesä-lokakuu 2015 matkustajien täsmällisyys määräasemilla putosi lähes yhdeksän prosenttiyksikköä, kun pudotus väliasemien matkustajatäsmällisyydessä oli noin viiden prosenttiyksikön luokkaa. Heinäkuun 2015 jälkeisestä kehityksestä voidaan myös todeta, ettei Kehäradan vaikutus ole ollut aivan yhtä suuri väliasemien matkustajatäsmällisyydessä suhteessa määräasemien täsmällisyyteen. I- ja P-junien myöhästymiset määräasemilla ovat kuitenkin heijastuneet myös Kehäradan väliasemien täsmällisyyteen ja etenkin P-junien myöhästymiset ovat laskeneet väliasemien matkustajatäsmällisyyttä.

5.2.2 Täsmällisyys seuranta-asemittain

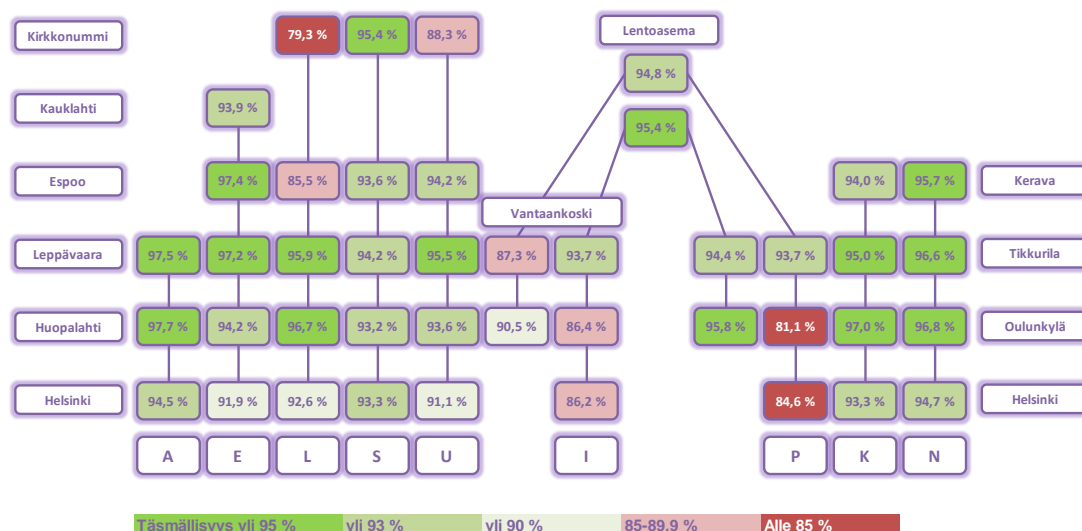
Kuvassa 5.11 on kuvattu Helsingin seudun lähiliikenteen linjakohtaisia matkustajatäsmällisyyksiä eri seuranta-asemilla. Eri seuranta-asemien täsmällisyydet kuvaavat aika-

välillä kesäkuu 2014-kesäkuu 2015 asemilla täsmällisesti poistuneiden matkustajien osuutta kaikista asemilla poistuneista matkustajista. Seuranta-asemaverkosto ei kata kaikkia Helsingin seudun lähiliikenteen väliasemia, mikä on osaltaan rajoittanut tutkittavien asemien lukumäärää.



Kuva 5.11. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemilla aikavälillä kesäkuu 2014-kesäkuu 2015. Matkustajataśmällisyys on ilmoitettu sekä linjoittain että seuranta-asemittain ja täsmällisyys kuvaa sitä osuutta asemalla poistuvista matkustajista, jotka ovat poistuneet asemalla alle kolme minuuttia virallista aikataulua jäljessä. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Määräasemilla täsmällisyydessä on otettu huomioon vain asemalle saapuneiden matkustajien täsmällisyys, mutta väliasemilla täsmällisyys kuvaa molemmista suunnista saapuvien matkustajien täsmällisyyttä.

Kuten määräasemien matkustajatäsmällisyyttä määritettäessä todettiin, ovat ennen Kehäradan käyttöönottoa aikavälillä kesäkuu 2014-kesäkuu 2015 määräasemien matkustajatäsmällisyyteen vaikuttaneet erityisesti vähemmän kuormitettujen linjojen junavuorot. Vähemmän kuormitetuimpien vuorojen merkitys Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyteen korostuu kuvassa 5.11, jossa matkustajatäsmällisyys on kyseisillä vuoroilla alhaisempi suhteessa kuormitetuimpiin linjoihin niin Helsingin päärautatieasemalla kuin muillakin seuranta-asemilla. Kuvasta on huomattavissa myös väliasemien keskimääräisesti korkeampi matkustajatäsmällisyys suhteessa määräasemiin. Siirryttäessä väliasemilta kohti määräasemaa matkustajatäsmällisyys heikkenee lähes poikkeuksetta.



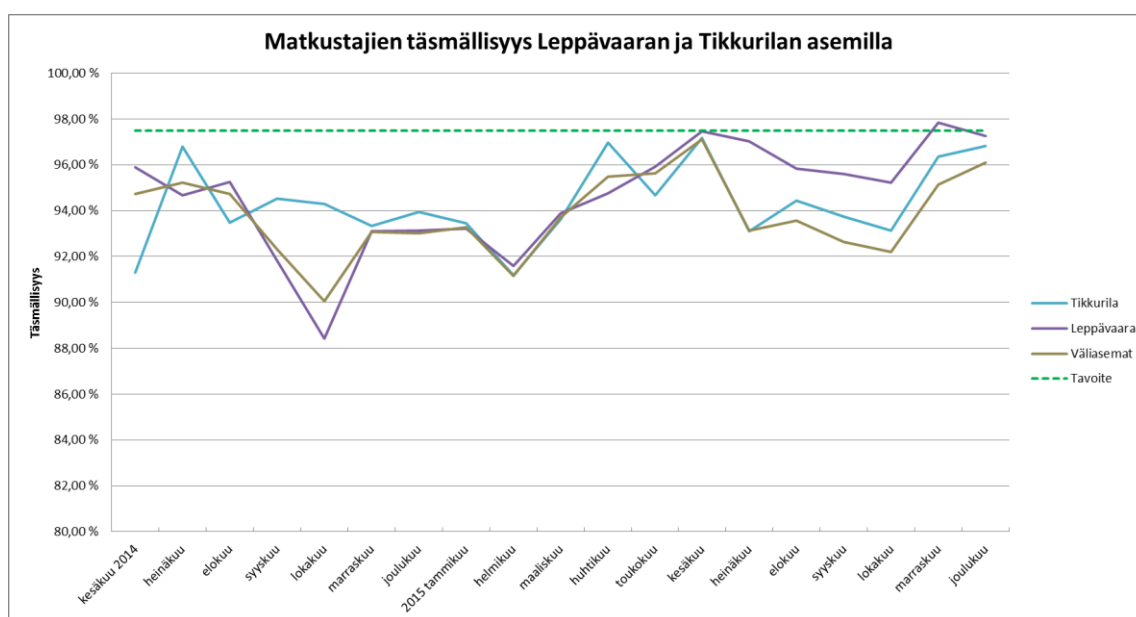
Kuva 5.12. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asetilla aikavälillä heinä-joulukuu 2015. Matkustajatäsmällisyys on ilmoitettu sekä linjoittain että seuranta-asetittain ja täsmällisyys kuvaa sitä osuutta asemalla poistuvista matkustajista, jotka ovat poistuneet asemalla alle kolme minuuttia virallista aikataulua jäljessä. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Määräasemilla täsmällisyydessä on otettu huomioon vain asemalle saapuneiden matkustajien täsmällisyys, mutta väliasemilla täsmällisyys kuvaa molemmista suunnista saapuvien matkustajien täsmällisyyttä.

Yhtä lailla matkustajatäsmällisyyden heikkeneminen määräasemaa lähestyttäessä on nähtävissä kuvasta 5.12. Täsmällisyyden heikkeneminen on havaittavissa jokaisen linjan kohdalla, mutta eritoten matkustajatäsmällisyys on heikentynyt Kehäradan linjoilla Helsingin päärautatieasemaa lähestyttäessä. Matkustajien määräasematäsmällisyys Kehäradalla ja sen linjoilla on aikavälillä heinä-joulukuu 2015 ollut selkeästi muita rataosia ja linjoja heikompi. Kuvasta 5.12 nähdään, että Kehäradan linjojen määräaseman eli Helsingin päärautatieaseman lisäksi matkustajatäsmällisyys on laskenut merkittävästi jo määräasemaa aiemmalle seuranta-asetalle saavuttaessa.

Kuvissa 5.11 ja 5.12 on väliasemien matkustajatäsmällisyyksissä otettu Kehäradan linjoja lukuun ottamatta huomioon molemmista suunnista tulevien junavuorojen matkustajat. Tällöin on mahdollista, että varsinkin niiden junavuorojen matkustajat, jotka linjakohtaiselta lähtöasemalta lähtiessään poistuvat jo ensimmäisellä seuranta-asetalla, saattavat nostaa kyseisen aseman matkustajatäsmällisyyttä, sillä todennäköisesti junavuoro myöhästyy vasta myöhemmässä vaiheessa matkaansa. Mikäli junavuoro lähtee jo lähtöasemaltaan myöhässä aikataulustaan, heijastuu myöhästymisen tasapuolisesti linjan seuranta-asemiin ja määräasemaan. Lähiliikenteessä aikataulun kiinnikurominen ei ole samalla tavalla mahdollista kuin kaukoliikenteessä, sillä ajonopeudet ovat alhaisempia ja asemien väliset etäisyydet sekä reittien kokonaispituudet lyhyempiä suhteessa kaukoliikenteeseen.

Tarkasteltaessa väliasemien matkustajatäsmällisyyksiä suunnittain (liite 4) eli erikseen Helsinkiin suuntautuvia ja Helsingistä lähteviä junavuoroja huomataan matkustussuuntien tuovan eroja seuranta-asemien täsmällisyyksiin. Ennen Kehäradan käyttöönottoa aikavälillä kesäkuu 2014-kesäkuu 2015 ovat ennen kaikkea vähemmän kuormitetuimmat linjat laskeneet matkustajien määrä- ja väliasematäsmällisyyttä suhteessa kuormitetuimpiin linjoihin. Erottamalla linjojen väliasematäsmällisyydet suunnittain huomataan, että ennen Kehärataa Helsingin suuntaan matkustavien matkustajatäsmällisyys on ollut selvästi heikompi suhteessa Helsingistä poispäin matkustaviin. Toisin sanoen Helsingin suuntaan ajettavat junavuorot ovat myöhästyneet jo matkalla useammin suhteessa Helsingistä poispäin ajettaviin junavuoroihin. Myös heinäkuun 2015 jälkeisenä aikana matkustajien väliasematäsmällisyys on ollut heikompaan Helsinkiin suuntaavilla junavuoroilla. Osaltaan syy on jälleen löydettävissä Kehäradasta, jonka junavuorot luokitellaan määräasemansa johdosta Helsinkiin suuntaaviin junavuoroihin.

Helsingin päärautatieaseman ohella merkittäviä joukkoliikenteen vaihtoyhteysasemia Helsingin seudun lähiliikenteessä ovat myös Leppävaaran ja Tikkurilan asemat. Helsingin päärautatieaseman lisäksi myös nämä asemat ovat joukkoliikenteen solmukohtia. Asemilla on mahdollista vaihtaa kulkutapaa lähi- ja kaukojuna- sekä linja-autoliikenteen välillä. Alueellisesti nämä asemat ovat omien alueidensa linja-autoliikenteen keskuksia, joista on tarjolla vuoroja kaupungin ja pääkaupunkiseudun eri osiin. Lisäksi Tikkurilan asemalta on sekä juna- että linja-autoyhteys Helsinki-Vantaan lentoasemalle. Kauko- ja lähijunaliikenteen täsmällisyys näytteleeekin merkittävää osaa siinä, miten kyseisissä joukkoliikenteen solmukohdissa vaihtotapahtumat onnistuvat. Tämän vuoksi väliasemien täsmällisyystiedoissa on hyvä nostaa nämä merkittävät joukkoliikenteen vaihtoyhteysasemat erilliseen tarkasteluun.



Kuva 5.13. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Tikkurilan ja Leppävaaran asemilla aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Täsmällisyydet kuvaa-

vat niiden matkustajien osuutta, jotka ovat poistuneet kyseisillä asemilla alle kolme minuuttia virallisesta aikataulusta jäljessä. Leppävaarassa poistuvat matkustajat koostuvat linjojen A, E, L, S ja U matkustajista ja Tikkurilassa poistuvat linjojen I, K, N ja P matkustajista. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisäksi lisätty vertailupohjaksi myös koko Helsingin seudun lähiliikenteen väliasemien matkustajatäsmällisyys, joka kattaa kaikkien edellä mainittujen linjojen lisäksi myös linjan M. Kuvassa on esitetty myös Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

Kuvassa 5.13 on esitetty erikseen Leppävaaran ja Tikkurilan asemien matkustajatäsmällisyyksien kehitystä aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Poikkeuksena edelliseen väliasemien matkustajien täsmällisyystarkasteluun on tässä tapauksessa huomioitu kaikki Leppävaarassa ja Tikkurilassa poistuvat matkustajat. Tarkasteluun on siis sisällytetty myös ne linjat, joissa joko Leppävaara tai Tikkurila toimii pääteasemana. Tällöin tarkastelussa on otettu huomioon myös linjat A (määräasema Leppävaara) ja I, jonka pääteasemana ennen Kehäradan käyttöönottoa ja linjastomuutoksia heinäkuuhun 2015 saakka toimi Tikkurilan asema.

Leppävaaran ja Tikkurilan matkustajatäsmällisyydet ovat muutamaa poikkeuskuukautta lukuun ottamatta olleet tarkastelujakson aikana Helsingin seudun lähiliikenteen keskimääräistä väliasemien matkustajatäsmällisyyttä ja tällöin myös määräasemien matkustajatäsmällisyyttä korkeampia. Erot Leppävaaran ja Tikkurilan sekä väliasemien täsmällisyyksien välillä ovat kuitenkin olleet melko vähäiset, sillä jo itsessään väliasemien matkustajatäsmällisyys on ollut korkeaa tasoa. Kehäradan käyttöönoton jälkeisenä aikana Tikkurilan matkustajatäsmällisyys on pudonnut samassa suhteessa kuin väliasemien keskimääräinen matkustajatäsmällisyys. Kehäradalla tapahtuneet myöhästymiset ovat heijastuneet myös Tikkurilan matkustajatäsmällisyydessä, sillä Tikkurila on yksi Kehäradalla kulkevien I- ja P-linjojen väliasemista.

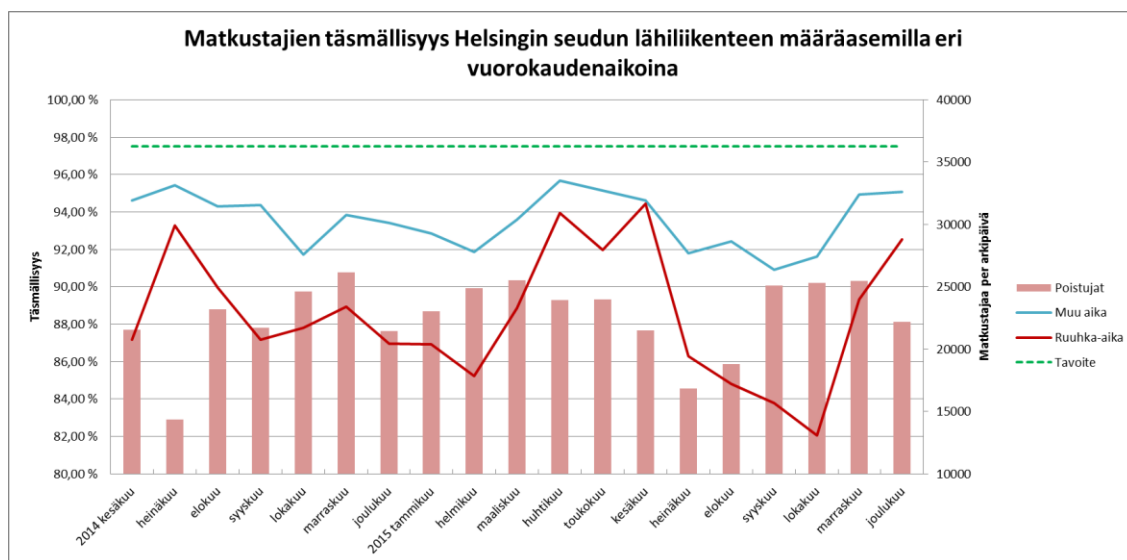
Sen sijaan Leppävaarassa Kehäradan käyttöönotto ei ole näkynyt yhtä voimakkaasti väliasemien matkustajatäsmällisyydessä, sillä Leppävaara ei ole Tikkurilan tavoin sidoksissa Kehärataan. Leppävaaran asema sijaitsee erillisellä rataosalla, Leppävaaran kaupunkiradalla, jolloin Kehäradalla tapahtuvat myöhästymiset eivät suoraan vaikuta kaupunkiradalla liikennöiviin junavuoroihin. Tosin myös Leppävaarassa väliasematäsmällisyys koki lievän notkahduksen lokakuussa 2015, mutta tämän jälkeen täsmällisyys on noussut jopa Helsingin seudun lähiliikenteen tavoitteellisen junien täsmällisyysrajan (97,5 %) yläpuolelle.

5.3 Matkustajien täsmällisyys määrä- ja väliasemilla eri vuorokaudenaikoina Helsingin seudun lähiliikenteessä

Junien kulun ja matkustajien täsmällisyyksien mahdollisten korrelaatioiden lisäksi osana työtä oli tarkoitus tutkia myös matkustajatäsmällisyyden mahdollisia eroavaisuuksia eri vuorokaudenaikoina. Eri vuorokaudenaikojen erojen tutkimiseksi mielekkäintä oli

rajata tarkastelu ruuhka-aikaan ja muuhun aikaan, sillä lähtökohtaisesti voidaan olettaa matkustajatäsmällisyyden olevan heikointa juuri aamu- ja iltapäiväruuhkien aikana. Kuten luvussa 3.2 todettiin, rataverkon kuormituksen ollessa suurimmillaan eli juuri ruuhka-aikoina viiveet ketjuuntuvat helposti ja täsmällisyys on heikoimmillaan. Ruuhka-aikoina liikenteessä on muihin ajankohtiin nähden selvästi enemmän matkustajia ja tiheämpään junavuoroja, mikä lisää osaltaan rataverkon häiriöherkkyyttä. Tällöin myös riski ja todennäköisyys junien myöhästymisille ja täsmällisyyden heikentymiselle kasvaa.

Ruuhka-ajan ja muun ajan matkustajatäsmällisyyksien vertailun lähtökohtana oli siis oletamus, että täsmällisyys on heikointa ruuhka-aikana johtuen juuri matkustajamäärien ja junamäärien kasvusta. Kuten muissakin liikennemuodoissa, myös lähijunaliikenteessä on eroteltavissa selkeät aamu- ja iltapäiväpiikit matkustajamäärissä. Tarkastelussa ruuhka-ajaksi rajattiin aamupäivällä kello 7-9 ja iltapäivällä kello 15–18 väliset ajanjaksot. Tarkoituksena oli tarkastella nimenomaisesti ruuhka-aikana matkustavia ja määrääsemillä poistuvia matkustajia. Ruuhka-ajan junavuoroiksi määriteltiin ne vuorot, joiden suunniteltu aikataulunmukainen saapumisaika määrääsemälle oli kyseisten aikarajausten sisällä. Kuten aiemmatkin matkustajatäsmällisyydentarkastelut, myös ruuhka-ajan ja muun ajan tapauksessa tarkastelu rajattiin käsittelemään maanantain ja torstain välistä arkipäiväliikennettä. Kuukausittaiset ruuhka-ajan ja muun ajan matkustajien arkipäiväliikenteen määrääsemätäsmällisyydet on esitetty kuvassa 5.14.



Kuva 5.14. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen määrääsemillä eri vuorokaudenaikoina aikavälillä kesäkuu 2014–joulukuu 2015. Täsmällisyydet kuvaavat sitä osuutta matkustajista, jotka ovat poistuneet määrääsemillä joko ruuhka-aikana (klo 7-9 ja 15–18) tai muuna aikana alle kolme minuuttia aikataulusta jäljessä. Määrääsemillä poistuvien matkustajien lukumäärä kuvaa keskimääräistä yhtenä arkipäivänä ruuhka-aikana poistuvien lukumäärää. Tarkastelussa on huomioitu Helsingin seudun lähiliikenteen linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimiarvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan ai-

kaista vuoroväliä Kuvaan on lisäksi lisätty Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

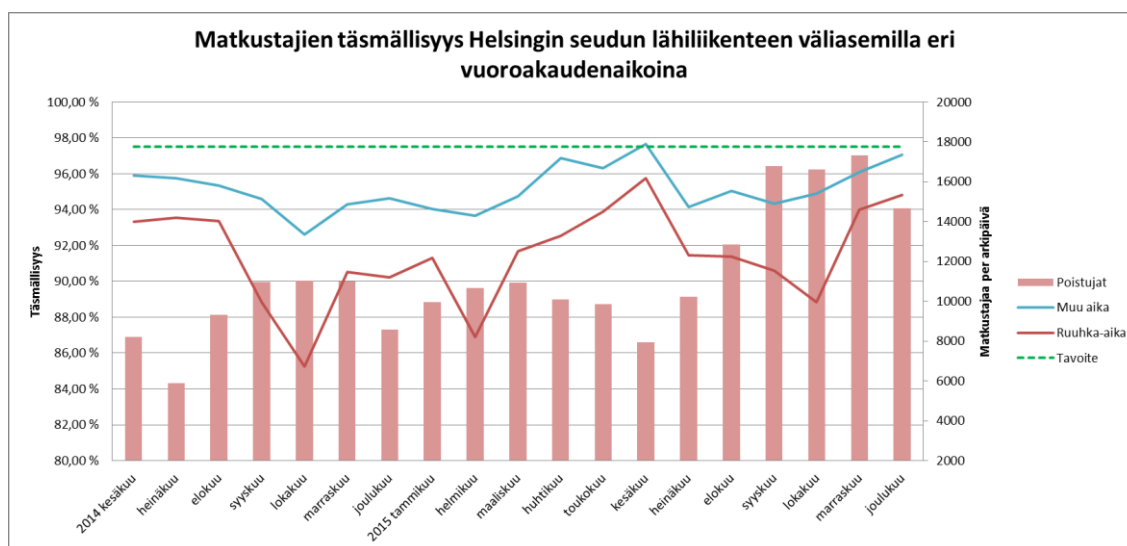
Kuvan 5.14 tulokset tukevat aiempaa olettamusta siitä, että junien ja matkustajien täsmällisyydet heikkenivät nimenomaan ruuhka-aikoina. Vuoden 2014 kesäkuun ja 2015 joulukuun välisenä aikana matkustajien ruuhka-ajan täsmällisyys määräasemilla on ollut poikkeuksetta muun ajan matkustajatäsmällisyyttä heikompaa. Näiden eri vuorokaudenaikojen erot täsmällisyyksissä ovat olleet jo ennen Kehärataa selkeät ja erot ovat korostuneet vielä enemmän heinäkuun 2015 jälkeisenä aikana. Suurimmillaan ero on ollut lähes kymmenen prosenttiyksikön luokkaa lokakuussa 2015, jolloin matkustajien ruuhka-ajan täsmällisyys määräasemilla on painunut 82 %:n tuntumaan.

Kuva 5.14 tukee myös luvun 5.1 päätelmiä junien kulun ja matkustajien määräasematäsmällisyyden vertailusta. Suurin osa myöhässä olevista junavuoroista on kuormiteuimpia vuoroja, mikä osaltaan laskee matkustajatäsmällisyyttä suhteessa junien kulun täsmällisyyteen. Ruuhka-ajan kuvaajasta onkin huomattavissa, että se noudattelee muodoltaan melko säännönmukaisesti aiemmin esitettyä määräasemien matkustajatäsmällisyyden kuvaajaa.

Tutkittaessa eri vuorokaudenaikoina määräasemilla poistuvien matkustajien kokonaismäärän kehitystä havaittiin poistuvien matkustajien jakautuneen lähes tasan tarkasteluaikavälillä. Määritetyillä aikarajauksilla ruuhka-aikana määräasemilla poistuvien matkustajien osuus kaikista määräasemilla poistuvista oli noin 49 %. Lukema kuvaa koko aikavälin kesäkuu 2014-joulukuu 2015 ruuhka-aikana määräasemilla poistuneiden matkustajien osuutta kaikista määräasemilla poistuneista. Kuukausitasolla osuus on ollut likipitään samaa tasoa vaihdellen välillä 49–51 %. Ainoana selkeänä poikkeuksena voidaan pitää vuoden 2014 heinäkuuta sekä vuoden 2015 heinä- ja elokuuta, jolloin ruuhka-aikaan poistuneiden osuus on laskenut 5-10 prosenttiyksikköä tavanomaisesta lukemasta. Osuuden pieneneminen on varmasti selitettävissä ajankohdille ominaisesta liikenteestä, jolloin vapaa-ajan matkojen osuus on suuri ja työmatkojen osuus pieni suhteessa tavanomaiseen kevät- ja syyskauden arkipäiväliikenteeseen.

Työmatkojen osuuden ja matkustajamäärien väheneminen näkyy myös ruuhka-ajan kesäkuukausien matkustajatäsmällisyydessä. Kuvaajasta on poimittavissa viitteitä siitä, että ruuhka-ajan matkustajatäsmällisyys olisi korkeimmillaan juuri kesäkuukausina. Ruuhka-ajan matkustajatäsmällisyydessä on havaittavissa selkeät piikit vuosien 2014–2015 kesien kohdalla, jolloin myös keskimääräisesti yhtenä arkipäivänä poistuvia matkustajia on vähemmän suhteessa muihin vuodenaikoihin. Poikkeuksena toimii heinäkuu 2015, jolloin alhaisesta poistuvien matkustajien lukumäärästä huolimatta matkustajatäsmällisyys on selkeästi edellisvuoden heinäkuuta heikompä. Tässä tapauksessa on syytä muistaa Kehäradan käyttöönoton myötä hetkellisesti lisääntyneet häiriöt ja myöhästymiset Helsingin seudun lähiliikenteessä.

Määräasematäsmällisyyden heikkeneminen ruuhka-aikana ei ole luonteenomaista pelkästään kuormitetuimmille ja vilkkaammin liikennöidyille linjoille. Matkustajamäärien kasvun ja vuorotarjonnan lisääntymisen myötä ruuhkautuvan junaverkon ongelmat heijastuvat yhtä lailla myös vähemmän kuormitetuilla linjoilla. Verrattaessa linjakohtaisesti ruuhka-ajan ja muun ajan matkustajatäsmällisyyksiä huomattiin, että linjasta riippumatta matkustajien määräasematäsmällisyys heikkenee ruuhka-aikana suhteessa muuhun aikaan.



Kuva 5.15. Matkustajien täsmällisyys arkipäivinä (maanantai-torstai) Helsingin seudun lähiliikenteen väliasemilla eri vuoroaika-ajoina aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015. Täsmällisyydet kuvaavat sitä osuutta matkustajista, jotka ovat poistuneet väliasemilla joko ruuhka-aikana (klo 7-9 ja 15–18) tai muuna aikana alle kolme minuuttia aikataulusta jäljessä. Väliasemat ovat eri linjareittien määräasemien välisiä asemia. Väliasemilla poistuvien matkustajien lukumäärä kuvaa keskimääräistä yhtenä arkipäivänä ruuhka-aikana poistuvien lukumäärää. Tarkastelussa on huomioitu Helsingin seudun lähiliikenteen linjat A, E, I, K, L, M, N, P, S ja U. Myöhästymisten maksimi-arvona on käytetty kunkin linjan myöhästymisajankohdan aikaista vuoroväliä. Kuvaan on lisäksi lisätty Helsingin seudun lähiliikenteelle asetettu täsmällisyystavoite 97,5 %.

Myös Helsingin seudun lähiliikenteen väliasemien matkustajatäsmällisyyksissä on huomattavissa selkeitä eroja ruuhka-ajan ja muun ajan välillä. Lukuun ottamatta vuoden 2015 kesä-heinäkuuta, on ruuhka-ajan matkustajatäsmällisyys ollut selkeästi heikompaa verrattuna muuhun aikaan (kuva 5.15). Kuten määräasemien ruuhka-ajan matkustajatäsmällisyydessä, poistuvien matkustajien lukumäärän vaihtelulla on ollut vahva verrannollisuus myös väliasemien ruuhka-ajan matkustajatäsmällisyyteen. Erityisesti kesäkuukausina, jolloin poistuvien matkustajien lukumäärä on suhteessa muuta vuotta pienempi, on matkustajatäsmällisyys ollut selkeästi korkeampi suhteessa muuhun vuoteen.

Määräasemilla poistuvien matkustajien lukumäärä jakautui lähes tasan ruuhka-ajan (49 %) ja muun ajan (51 % kaikista poistuvista) välillä. Sen sijaan väliasemilla poistuvien matkustajien suhde on hieman kallistunut muun ajan puolelle. Ruuhka-aikana väliasemilla poistuvien lukumäärä on ollut kuukausitasolla 40–45 % kaikista poistuvista.

Aikavälillä kesäkuu 2014-joulukuu 2015 keskimääräisesti noin 45 % kaikista väliasemilla poistuneista matkustajista poistui ruuhka-aikaan. Huomionarvoista on, että vaikka matkustajamäärät ovat kasvaneet Kehäradan käyttöönnoton jälkeen, matkustajamäärien kasvu ei liiemmin ole näkynyt määräasemilla ruuhka-aikana poistuvien matkustajamäärien kehityksessä. Sen sijaan väliasemilla ruuhka-aikoina poistuvien matkustajien keskimääräinen yhden arkipäivän poistuvien lukumäärä on ollut selkeästi kasvussa.

Havainnot Helsingin seudun lähiliikenteen määrä- ja väliasemien ruuhka-ajan matkustajatäsmällisyyksistä tukevat osaltaan alaluvussa 2.2.4 esitettyjä syitä, miten ratakapasiteetti ja rataverkon käyttöaste vaikuttavat rautatieliikenteen täsmällisyyteen. Kapasiteetin käyttöasteen kasvu lisää sekundääristen myöhästymisten todennäköisyyttä. Mitä tiukempi aikataulu ja pienemmät junavälit rataverkolla on, sitä helpommin yhden junan myöhästyminen heijastuu myös muiden junien kulkuun. Ratakapasiteettia on tarjolla rajallisesti, minkä vuoksi kapasiteetin käyttöasteen kasvaessa junavälit pienenevät. Ruuhkaisimmilla rataosilla ja ruuhkaisimpina aikoina junavälit ovat lähellä ns. minimi-junaväliä, jolloin pienikin viivästyminen heijastuu usean junan kulkuun. Mitä enemmän rataverkolla on junia, sitä enemmän ne vaikuttavat toistensa kulkuun ja sitä vaikeampaa halutun ajonopeuden ylläpitäminen on.

6. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

6.1 Yhteenveto

Viime vuosina matkustajanäkökulma on rautatieliikenteessä nostanut trendinä päätään. Monet Euroopan maiden rautatietoimijat ovat tunnistaneeet asiakkaansa eli matkustajat ykkösprioriteetikseen toimintansa kehittämisessä. Rautatieliikennöinnin toiminnan laadun mittaaminen ei enää rajoitu pelkästään junien täsmällisyyden mittaamiseen, vaan matkustajien mielipiteet ja tarpeet on tunnistettu keskeiseksi osaksi toiminnan laadun arviointia ja kehittämistä. Matkustajien toiveet pyritään saamaan kuuluviin erilaisten kysely- ja haastattelututkimuksien kautta.

Matkustajien kokeman täsmällisyyden lisäksi mitataan muutamassa maassa myös matkustajien todellista täsmällisyyttä. Matkustajien täsmällisyyden havainnollistamiseksi on eri junatyyppeiden täsmällisyyksiä painotettu erilaisin matkustajakuormaa ja junan täyttöastetta kuvaavin kertoimin. Tarkkojen matkustajamäärätietojen puuttuessa on vaihtoehtoisesti käytetty myös matkustajamääräennusteita painottamaan junien täsmällisyyksiä. Kertoimiin tai ennusteisiin pohjautuvat tulokset eivät vastaa täysin todellista tilannetta, mutta antavat selkeästi paremman kuvan matkustajien täsmällisyydestä kuin pelkkä junien kulun täsmällisyys.

Diplomityön tavoitteena oli Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamäärätietoja ja Liikenneviraston rataraportoinnin junien kulkutietoja yhdistämällä luoda kuva matkustajien täsmällisyydestä Helsingin seudun lähiliikenteessä. Työssä tarkasteltiin Helsingin seudun lähiliikenteen määrä- ja väliasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyyksiä sekä määräasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyyttä suhteessa junien määräasematäsmällisyyteen. Ajallisesti tutkimus rajattiin tarkastelemaan matkustajatäsmällisyyttä tavanomaisen arkipäiväliikenteen (maanantai-torstai) aikana ja asemien osalta tutkimuksessa on huomioitu vain Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemat, sillä pienemmiltä väliasemilta junien kulkutietoja ei ole saatavilla.

Diplomityössä matkustajatäsmällisyyden määrittämisessä hyödynnettiin Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamäärätietoja. Helsingin seudun lähiliikenteessä matkustajamääriä mitataan junayksikköihin asennettujen automaattisten laskentalaitteiden avulla. Laskentalaitteellisten yksiköiden osuus ei vielä tällä hetkellä kata koko kalustoa, jolloin puuttuvia matkustajamäärätietoja joudutaan arvioimaan mitattujen arvojen perusteella. Laskentalaitteiden ja käsinlaskentojen ohella markkinoilla on olemassa vaihtoehtoisia menetelmiä matkustajamäärien määrittämiseksi. Osassa tapauksista ongelmana on vielä tekniikan kehittymättömyys tai tarvittavan infrastruktuurin puute: vaihtoehtoisten pai-

kannusmenetelmien toimintasäde ei välttämättä ole vielä riittävä tai menetelmä vaatii toimiakseen asemille asennettavia lisälaitteita. Merkittävimpänä esteenä nykyaikaisten paikannusmenetelmien hyödyntämisessä matkustajavirtojen paikantamiseen on kuitenkin matkustajien yksityisyydensuoja.

Diplomityön tulokset puoltavat myös osaltaan näkemystä siitä, että matkustajien täsmällisyyttä tulisi tarkastella erillisenä osana rautatieliikenteen täsmällisyyden seurannassa. Tutkimusajanjakson aikana Helsingin seudun lähiliikenteessä määräasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyys on arkipäivinä ollut lähes poikkeuksetta junien määräasematäsmällisyyttä heikompi. Myös linjakohtaisesti tarkasteltuna määräasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyys on useimmiten jäänyt alle junien kulun täsmällisyyden. Matkustajien säännönmukaisesti heikompi täsmällisyys suhteessa junien täsmällisyyteen kielii siitä, että myöhästymiset ovat kohdistuneet ennen kaikkea kuormitetuimpiin juna- vuoroihin. Junien kulun täsmällisyydessä jokaisen junavuoron merkitys on yhtä suuri, mutta matkustajatäsmällisyydessä kuormitetuimmilla junavuoroilla on suhteessa suurempi merkitys täsmällisyyteen.

Matkustajatäsmällisyys on sidoksissa junien kulun täsmällisyyteen ja tutkimuksen tulosten mukaan täsmällisyys on riippuvainen tarkasteltavasta linjasta, rataosasta ja vuorokaudenajasta. Vaikka täsmällisyys vaihtelee linjoittain, ei matkustajatäsmällisyyden heikentyminen välttämättä ole seurausta myöhästymisten painottumisesta nimenomaan kuormitetuimmille linjoille. Kesäkuun 2014 ja kesäkuun 2015 välisenä aikana Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyttä ovat heikentäneet ennen kaikkea vähemmän kuormitetuimpien linjojen junavuoroihin kohdistuneet myöhästymiset. Kehäradan käyttöönoton jälkeen tilanne on kääntynyt päinvastaiseksi, sillä matkustajatäsmällisyys on ollut heikointa juuri kuormitetuimmilla Kehäradan linjoilla I ja P. Kehäradan vaikutus matkustajatäsmällisyyteen korostaa myös matkustajatäsmällisyyden sidonnaisuutta rataosaan, sillä heinäkuun 2015 jälkeen Kehäradalla määräasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyys on ollut selkeästi muita rataosia heikompi.

Ruuhka-aikoina liikenteen lähiliikenteen häiriöherkkyys kasvaa, sillä matkustajia ja junavuoroja on liikkeellä suhteessa enemmän kuin muina aikoina. Myöhästymisten kohdistuminen pääasiassa kuormitetuimpiin junavuoroihin vihjaa osaltaan myös siitä, että junien ja matkustajien täsmällisyys heikkenee ruuhka-aikoina. Tarkasteltaessa matkustajien määrä- ja väliasematäsmällisyyttä ruuhka-aikoina ja muuna aikana havaittiin ruuhka-ajan täsmällisyyden olevan poikkeuksetta muun ajan täsmällisyyttä heikompi. Kesäkuukausina täsmällisyyden erot ovat kaventuneet junakohtaisten matkustajamäärien ollessa pienempiä, mutta muutoin erot ovat olleet selkeät.

Tarkasteltavan vuorokaudenajan ohella matkustajatäsmällisyys vaihtelee myös tarkasteltavan seuranta-aseman perusteella. Työn tulosten mukaan arkipäivinä väliasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyys on Helsingin seudun lähiliikenteessä ollut poikkeuksetta määräasemilla poistuvien matkustajien täsmällisyyttä parempi. Tarkasteltaessa

täsmällisyyttä vielä tarkemmin linjakohtaisesti seuranta-asemittain havaittiin matkustajatäsmällisyyden heikkenevän lähes poikkeuksetta siirryttäessä väliasemalta kohti määräasemaa. Myös tarkasteltavalla kulkusuunnalla todettiin olevan merkitystä, sillä suurimmaksi osaksi Helsinkiin suuntaavilla junavuoroilla matkustajatäsmällisyys on seuranta-asemittain ollut heikompi suhteessa Helsingistä lähteviin vuoroihin. Matkustajatäsmällisyyden vaihtelu seuranta-asemittain ja kulkusuunnittain selittyy osaltaan matkustajavirtojen painottumisesta Helsingin suuntaa, sillä Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston mukaan linjasta riippumatta vähintään 80 % määräasemilla poistuvista poistuu Helsingin päärautatieasemalla. Lisäksi linjasta riippumatta vähintään 30 % kaikista matkustajista poistuu joko Pasilan asemalla tai Helsingin päärautatieasemalla.

Diplomityön tulokset korostavat tarvetta tarkastella rautatieliikenteen täsmällisyyttä muustakin kuin pelkästään junien kulun kautta. Matkustajanäkökulman esilletuomista olisi mahdollista hyödyntää esimerkiksi liikenteenohjauksessa. Liikenteenohjauksessa yleisohjeena on periaate, jonka mukaan aikataulussa kulkeva juna on etusijalla myöhässä kulkevaan junaan nähden. Tällöin myöhässä kulkeva juna menettää oikeutensa kulkea myönnettyssä aikataulussaan ja joutuu väistämään muuta liikennettä. Ohjeistuksella pyritään siihen, että myöhässä kulkevasta junavuorosta aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa aikataulunmukaiselle liikenteelle ja koko rataverkolle. Myös kaukoliikenteen junien suosiminen ohi lähiliikenteen junien on usein perusteltua oletettuihin matkustajamääriin pohjautuen.

Diplomityön tuloksiin peilaten tulisi liikenteenohjauksessa kuitenkin mahdollisuuksien mukaan hyödyntää tietoa myös lähiliikenteen matkustajavirroista ja niiden painottumisesta. Mahdollisissa häiriötilanteissa tieto matkustajavirtojen painottumisesta auttaisi arvioimaan, millä toimenpiteillä olisi suurin vaikutus matkustajatäsmällisyyteen. Matkustajamäärien ohella tulisi huomioida myös junien kulkusuunta, sillä työn tulosten perusteella matkustajatäsmällisyys heikkenee Helsingin suuntaisilla vuoroilla enemmän suhteessa Helsingistä poispäin ajaviin vuoroihin.

Yhtä lailla matkustajien täsmällisyystietoa voidaan junien täsmällisyystiedon tapaan käyttää apuna rautatieliikenteen kehityshankkeiden ja investointien ohjauksessa. Matkustajien täsmällisyystiedolla on mahdollista paikantaa liikenteelliset ongelmakohdat ja ohjata suunnittelua asiakaslähtöisempään suuntaan. Seuranta-asemien ja niiden välisillä täsmällisyystiedoilla lienee kysyntää myös liikennesuunnittelijoiden keskuudessa, sillä matkustajatäsmällisyyksien seuranta voidaan hyödyntää esimerkiksi aikataulujen ja linjojen suunnittelussa. Matkustajanäkökulman korostaminen täsmällisyyden seurannassa voidaan lisäksi nähdä myös imagollisena toimenpiteenä, jonka avulla parannetaan rautatieliikenteen houkuttelevuutta kulkumuotona.

6.2 Tutkimuksen arviointi

Diplomityön tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina. Tulokset pohjautuvat Liikenneviraston rataraportoinnin junien kulkutietoihin ja Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineistoon. Automaattisten laskentalaitteiden mittaamiin todellisiin matkustajamäärätietoihin pohjautuva menetelmä kuvaa matkustajien täsmällisyyttä todenmukaisemmin kuin esimerkiksi kertoimilla painotettu täsmällisyys tai pelkkä junien kulun täsmällisyys. Työssä hyödynnetyt aineistot asettivat toisaalta myös omat rajoituksensa matkustajatäsmällisyyden tarkasteluun.

Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajamääräaineiston tiedot eivät täysin vastaa todellisia matkustajamääriä. Dilaxin matkustajalaskentalaitteiden laskentatuloksissa on havaittu poikkeavuutta suhteessa käsinlaskennasta saatuihin tuloksiin. Lisäksi mikäli yksittäisen linjan junavuoron matkustajista ei ole mittaustietoa, on arvo tällöin lainattu sellaisesta ajankohdasta, jonka oletetaan parhaiten kuvaavan kyseistä ajankohtaa. Tällöin lainattu arvo mitä todennäköisimmin eroaa todellisesta mitatusta arvosta.

Epätarkkuutta tuloksiin luo osaltaan myös Helsingin seudun lähiliikenteen seuranta-asemien rajallisuus, sillä junien kulkutietoja on Liikenneviraston rataraportoinnista saatavilla vain seuranta-asemien osalta. Tämän vuoksi suurimmalla osalla Helsingin seudun lähiliikenteen väliasemista ei ole mahdollista määrittää matkustajatäsmällisyyttä, vaikka itse matkustajamäärätiedot asemilta ovat saatavilla. Seuranta-asemien rajallisuuden vuoksi yli 50 % kaikista ja 75 % väliasemilla poistuvista matkustajista jää kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

Suuren tietomäärän johdosta yksittäisten matkustajien sijaan työssä tarkasteltiin matkustajavirtojen täsmällisyyttä. Sinällään yleisen kuvan luomisessa on tarkoituksenmukaista tarkastella matkustajavirtoja, mutta tarkkojen tulosten saamiseksi tulisi matkustajavirtojen sijaan tarkastella yksittäisten matkustajien matkaketjuja. Tällöin saataisiin tarkkaa tietoa todellisuudessa myöhästyneiden matkustajien osuudesta. Sen sijaan tutkittaessa matkustajavirtojen täsmällisyyttä on mahdollista, että osa myöhästyneiksi raportoiduista matkustajista on todellisuudessa poistunut asemalla ajoissa tai päinvastoin. Matkustajatäsmällisyys perustuu matkustajien henkilökohtaisiin aikatauluihin. Tällöin on mahdollista, että myöhässä asemalle saapuva juna on jo seuraavaa junaa odottavalle ajoissa. Tällöin juna ja matkustaja raportoidaan mitä todennäköisimmin myöhästyneeksi myös sillä asemalla, millä kyseinen matkustaja poistuu, vaikka matkustaja ei omaan aikatauluun peilaten olekaan todellisuudessa myöhässä.

Myöhästyneiden matkustajien raportoimiseen vaikutti osaltaan myös käytettävä myöhästymisten maksimiarvo. Vuoroväliin perustuvan maksimiarvon avulla pyrittiin tarkastelu rajaamaan käsittelemään vain niitä matkustajia, jotka todennäköisesti ovat myöhässä. Tämän johdosta vuorovälin ylittäviä junavuoroja ei tarkastelussa ole otettu huomioon, vaikka osa näistä todennäköisesti sisältää myöhässä poistuneita matkustajia.

Optimaalisessa tilanteessa matkustajatäsmällisyyttä tarkasteltaisiin yksittäisten matkustajien matkaketjujen kautta. Verrattuna matkustajavirtojen täsmällisyyksien tarkasteluun on yksittäisten matkustajien matkaketjujen selvittäminen tutkimusmenetelmänä varsin monimutkainen ja kallis menetelmä. Kyseinen tutkimusmenetelmä vaatisi onnistuakseen myös matkustajien omaa aktiivisuutta. Sen sijaan nykyisillä menetelmillä tulosten tarkkuuden parantamiseksi tulisi laskentalaitteellisten yksiköiden prosentuaalista osuutta kasvattaa. Tällöin lainattavien arvojen osuus pienenesi ja mitattujen matkustajamääräen tarkkuus suhteessa todellisiin matkustajamääriin paranisi.

On myös huomioitava, että työssä tutkittava aikaväli on suhteellisen lyhyt. Erityisesti Kehäradan käyttöönoton jälkeiseltä ajalta on tutkimustulosta hyvin lyhyeltä ajalta. Tämän vuoksi ei työn tulosten pohjalta voida vetää pidemmälle johtavia johtopäätöksiä, sillä perusteellisempien päätelmien teko vaatisi pidemmän tutkimusaikavälin.

6.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tässä diplomityössä matkustajatäsmällisyyden tarkastelu on rajattu käsittelemään pelkästään Helsingin seudun lähiliikennettä. Yhtenä mielenkiintoisena jatkotutkimusaiheena olisikin tutkia vastaavalla tavalla kaukoliikenteen matkustajatäsmällisyyttä: miten matkustajien täsmällisyys korreloi kaukojunien täsmällisyyden kanssa tai miten matkustajatäsmällisyys mahdollisesti vaihtelee yhteysväleittäin tai eri vuorokaudenaikoina. Mielenkiintoista olisi tarkastella ennen kaikkea kuormitetuimpien yhteysvälien kuten Helsinki-Tampere-Seinäjoki-Oulu- tai Helsinki-Lahti-Kouvola-yhteysvälin täsmällisyyttä ja verrata täsmällisyyksiä suhteessa muuhun rataverkkoon. Ruuhka-aikatarkastelussa saataisiin puolestaan selville, heikkeneekö matkustajatäsmällisyys ruuhka-aikana henkilökaukoliikenteessä vastaavalla tavalla kuin Helsingin seudun lähiliikenteessä.

Osaltaan myös Helsingin seudun lähiliikenteen matkustajatäsmällisyyden tulosten laajentamiselle pidemmälle aikavälille olisi tarvetta. Diplomityön tulosten ongelmana on lyhyt tutkimusväli ennen kaikkea Kehäradan käyttöönoton jälkeisenä aikana. Kehäradan täsmällisyydessä on syytä huomioida uuden rataosan käyttöönoton mukana tuomat haasteensa. Loppuvuoden 2015 kehitys antoi jo viitteitä Kehäradan matkustajatäsmällisyyden paranemisesta ja erillinen tutkimus onkin osoittanut, että Kehäradan matkustajatäsmällisyys on vuoden 2016 alkupuolella noussut parhaimmillaan 92 %:n tuntumaan. Myös tältä kannalta matkustajatäsmällisyyden seurannan jatkaminen olisi perusteltua, kun alkuvaikeuksien jälkeen tilanne Kehäradalla on normalisoitunut. Pidemmällä tutkimusaikavälillä tulosten tarkkuus ja luotettavuus paranee, kun yksittäisten poikkeamien vaikutus kokonaiskuvaan ei ole enää yhtä merkittävä.

Vaihtoehtoisesti Helsingin seudun matkustajatäsmällisyyttä voitaisiin tutkia myös esimerkiksi järjestämällä muutaman tuhannen hengen kattava liikennetutkimus, jossa tarkasteltaisiin säännöllisesti lähiliikennettä käyttävien matkustajien päivittäistä liikkumis-

ta. Matkustajien liikkumisen seurannassa olisi mahdollista hyödyntää mobiililaiteseurantaa, jolloin samalla saataisiin kokemuksia myös uusien vaihtoehtoisten matkustajien paikannusmenetelmien toimivuudesta. Mobiililaiteseurannalla saataisiin yksilökohtaisesti tietoa matkustajien päivittäisistä matkaketjuista. Tällä menetelmällä ehkäistäisiin myös mahdolliset virheelliset myöhästymiskirjaukset, joita todettiin syntyvän matkustajavirtojen täsmällisyyttä määritettäessä. Tutkimukseen valittavien matkustajien valinta riippuisi siitä, olisiko tarkoitus tutkia yksittäisen tai muutaman linjan matkustajatäsmällisyyttä vai laajentaa tarkastelua kattamaan kaikki Helsingin seudun lähiliikenteen linjat. Matkustajien matkaketjututkimuksen pohjalta olisi mahdollista myös verrata, kuinka hyvin tulokset tukevat junien kulkutietoihin ja matkustajamäärätietoihin perustuvan matkustajatäsmällisyysmittarin tuloksia.

Täsmällisyyden seuranta ei muissa joukkoliikennemuodoissa ole leimautunut yhtä vahvaksi suoritustason mittariksi kuin mitä rautatieliikenteessä. Matkustajatäsmällisyyden tarkastelulle voidaan silti olettaa olevan kysyntää myös muissa joukkoliikennemuodoissa. Matkustajatäsmällisyyden seuranta vaatisi Helsingin seudun lähiliikenteen tapaan asemakohtaista tietoa nousevista ja poistuvista matkustajista sekä joukkoliikennemuodosta riippuen tietoa joko bussien, raitiovaunujen tai metron yksiköiden täsmällisyydestä pysäkeittäin tai asemittain. Nykyhetkellä esimerkiksi Helsingin seudun liikenteen bussien matkustajatäsmällisyyttä ei matkustajamäärätiedoista huolimatta ole mahdollista tarkkaan selvittää, sillä bussien kulusta raportoituu tiedot tietokantaan lähinnä vain lähtö- ja päätepysäkeillä. Tulevaisuudessa tekniikan ja infrastruktuurin kehittymisen myötä matkustajatäsmällisyyden rooli tulee korostumaan, sillä yhtä lailla matkustajatäsmällisyystietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi liikennesuunnittelun tukena myös muissa joukkoliikennemuodoissa.

LÄHTEET

Bluetooth. 2015a. Basics. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 25.5.2016):
<http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>.

Bluetooth. 2015b. Fast Facts. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 25.5.2016):
<http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx>.

Gelders, D., Galetzka, M., Verckens, J.P., & Seydel, E. 2008. "Showing results? An analysis of the perceptions of internal and external stakeholders of the public performance communication by the Belgian and Dutch railways", *Government Information Quarterly*, vol. 25, no. 2, pp. 221-238.

Goverde, R. 2005. Punctuality of railway operations and timetable stability analysis. Technische Universiteit Delft. 293 p.

Infrabel. 2016. Measuring punctuality. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.2.2016):
<http://www.infrabel.be/en/about-infrabel/punctuality/measuring-punctuality>.

Kalenoja, H., Aalto, E. & Salkonen, R. 2013. Junamatkustajien kokema täsmällisyys – täsmällisyyden arvottaminen kaukojunaliikenteessä. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 54/2013. Verkkojulkaisu. Saatavissa:
http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/32044/lts_2013-54_junamatkustajien_kokema_web.pdf/e290faaa-0994-4edd-a890-5d1400247572.

Kandels, C. & Gröger, T. 2005. Declaration of congested infrastructure in the network statement of the infrastructure manager Deutsche Bahn. Proceedings of the 1st International Seminar on Railway Operations. Delft, Netherlands.

Landex, A. 2008. Methods to estimate railway capacity and passenger delays. PhD thesis. Department of Transport. Technical University of Denmark. 201 p.

Landex, A. 2012. Reliability of Railway Operation. Department of Transport. Aalborg Universitet. Trafikdage. 16 p.

Liikennevirasto. 2012. Rautatieliikenteen täsmällisyys 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 16/2012. Verkkojulkaisu. Saatavissa:
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-16_rautatieliikenteen_tasmallisyys_web.pdf.

Liikennevirasto. 2015a. Junien täsmällisyystilastot. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.1.2016): http://www.liikennevirasto.fi/tilastot/ratatilastot/junien-tasmallisyys#.V2o7_CFvJsk.

Liikennevirasto. 2015b. Rautatieliikenteen täsmällisyysraportti. Marraskuu 2015. 29 s.

Liikennevirasto. 2015c. Rautateiden verkkoselostus 2017. Liikenneviraston väylätietoja 2/2015. Verkkojulkaisu. Saatavissa:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lv_2015-02_rautateiden_verkkoselostus_2017_web.pdf.

Liikennevirasto. 2015d. Muistio 11.3.2015.

Lehikoinen, S. 2014. Powerpoint-esitys: Länsimetron ennen-jälkeen matkustajatutkimuksen tekninen esiselvitys. 67 s.

Mukula, M. 2008. Aikataulusuunnittelu ja rautatieliikenteen täsmällisyys. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 1/2008. Ratahallintokeskus. 119 s.

Nederlandse Spoorwegen. 2015. Annual Report 2014. Utrecht, Netherlands. 185 p.

Nielsen, O. A., Landex, A. & Frederiksen, R. D. 2008. Passenger Delay Models for Rail Networks. Centre for Traffic and Transport. Technical University of Denmark. Lyngby, Denmark. 23 p.

Nikula, N. 2013. VR-lähiliikenteen matkustajamäärien estimointi sekä matkan pituukseen mallintaminen automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla kerättyjen näytteiden perusteella. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. 67 s.

NS. 2014. Definitie klantgedreven KPI's op punctualiteit. NS Group NV. Utrecht.

Olsson, N.O.E. & Haugland, H. 2004. Influencing factors on train punctuality – results from some Norwegian studies. Transport Policy 11, 2004. pp 387-397.

Paavilainen, J. 2010. Kumpi myöhästyi, juna vai matkustaja? Väylät & Liikenne 2010-seminaari.

Paavilainen, J. & Salkonen, R. 2010. Measuring railway traffic punctuality from the passenger's perspective. 12th World Conference on Transport Research. Lisbon, Portugal.

Paavilainen, J., Salkonen, R. & Rantala, T. 2011. Rautatieliikenteen täsmällisyyteen liittyvät tietotarpeet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2011. Verkkojulkaisu. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-12_rautatieliikenteen_tasmallisyyteen_web.pdf.

Pachl, J. 2002. Railway Operation and Control. VTD Rail Publishing. Mountlake Terrace WA. 239 p.

Rail Executive. 2016. Rail Users Factsheet: England and Great Britain 2014/15. 4 p.

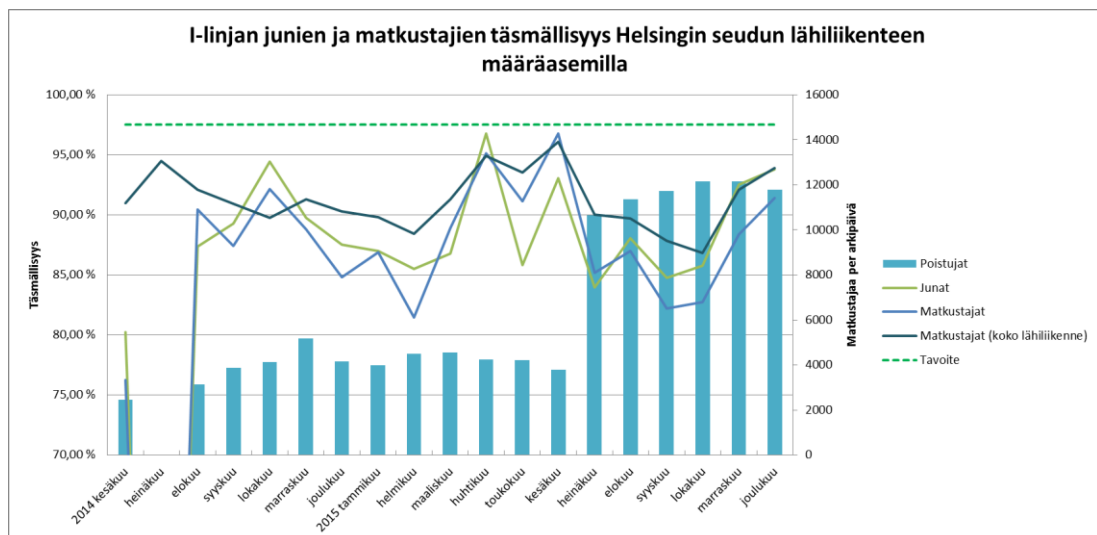
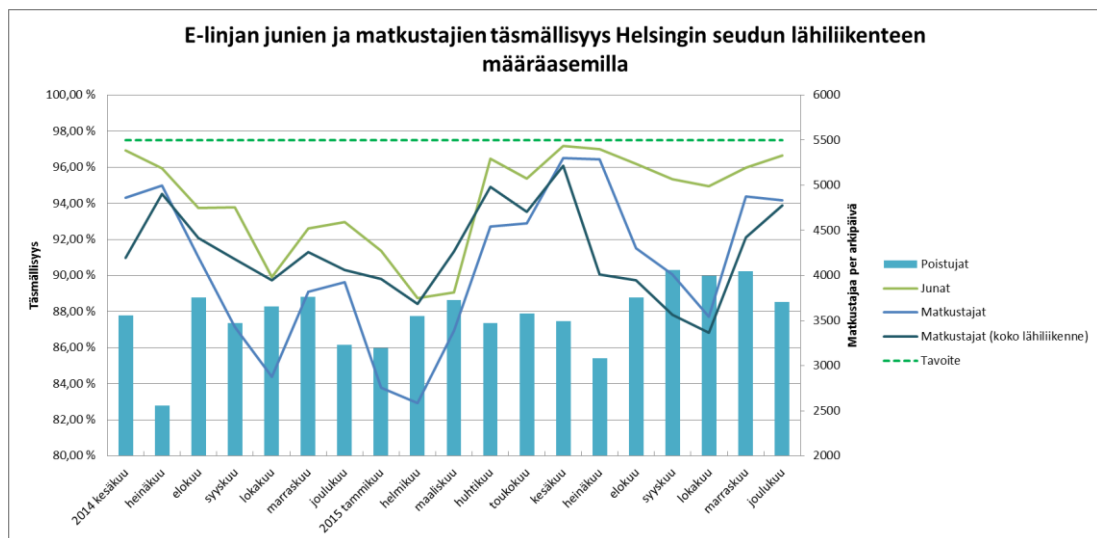
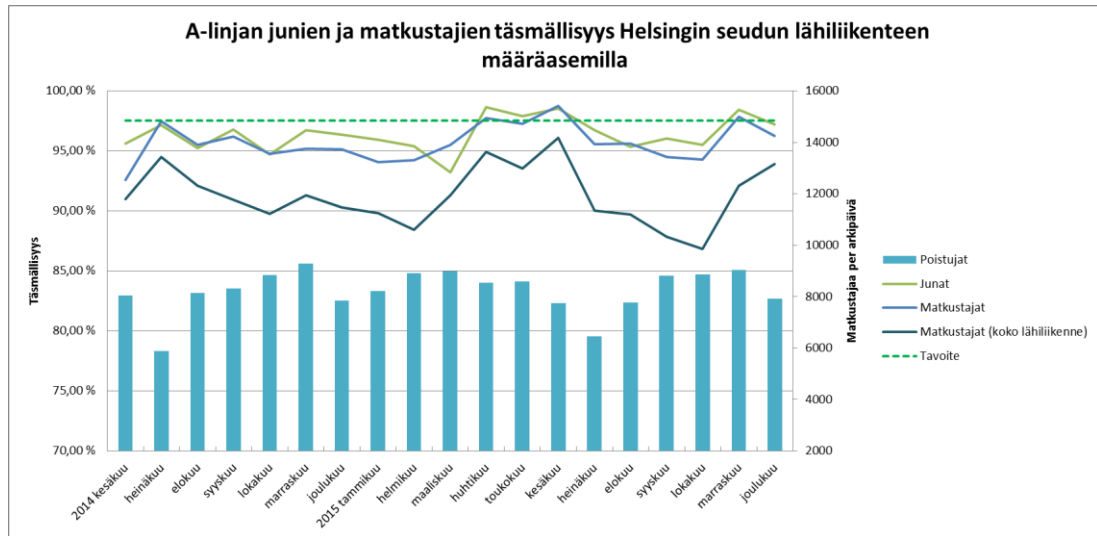
- Rashid, M. 2010. Matkapuhelinverkkojen paikannuspalvelut. Insinöörityö. Metropolia. 48 s.
- Ratahallintokeskus. 2004. Pääreittiselvitys. (julkaisematon artikkeli). 33 s.
- RFIDLab Finland ry. 2016. Tekniikan perusteet. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 27.5.2016): <http://www.rfidlab.fi/rfid-teknikan-perusteet>.
- Rudnicki, A. 1997. Measures of regularity and punctuality in public transport operation. *Transportation systems 2*. pp 661-666.
- Salkonen, R. 2008. Rautatieliikenteen täsmällisyyden mittaaminen. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 15/2008. Ratahallintokeskus. 114 s.
- Salkonen, R. 2010. Miten mitata rautatieliikenteen matkustajien kokemaa täsmällisyyttä? Rata 2010-seminaari.
- SBB. 2012. Customer Punctuality – Arrive on time with secure connections. Verkköjulkaisu. Saatavissa: <http://www.ft.dk/samling/20121/almdel/tru/bilag/133/1209685.pdf>.
- Seest, E., Nielsen, O. A. & Frederiksen, R. D. 2005. Calculating passenger punctuality in the Copenhagen suburban network. *Proceedings of the Annual Transport Conference at Aalborg University*.
- Stenroth, J. 2015. Joukkoliikenteen matkustajalaskenta Helsingin seudulla. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 90 s.
- Tervahauta, N. 2016. Liikennetutkija. Helsingin seudun lähiliikenne. Haastattelu. 11.1.2016.
- Transport Focus. 2015a. Train punctuality: the passenger perspective. London. 99 p.
- UIC. 2004. Capacity. UIC Code 406. Paris. 22 p.
- Viegas, J., Macário, R., Marques, C., van der Hoofd, M., Moreira, N., Rivier, R., Puttallaz, Y., Dekker, R., den Hertog, D., Kuijpers, C., Hooymans, M., Trompet, M., Bouf, D., Montfort, J., Akermann, H-R. & Danzer, P. 2003. IMPROVERAIL – 143 Deliverable 6 – Methods for capacity and resource management. Lissabon. 225 p.
- VR Track. 2016. Syykoodiston ja häiriökirjausprosessin uudistuksen kuvaus ja vaikutusarvio. Helsinki. 27 s.
- VTT. 2005. Teollisuuden käynnissäpidon prognostiikka. VTT Symposium 236. Verkköjulkaisu. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2005/S236.pdf?q=teollisuuden#>.

Wireless Mobile Vaasa. 2003. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 25.5.2016):
<http://www.wlan.puv.fi/fakta.htm>.

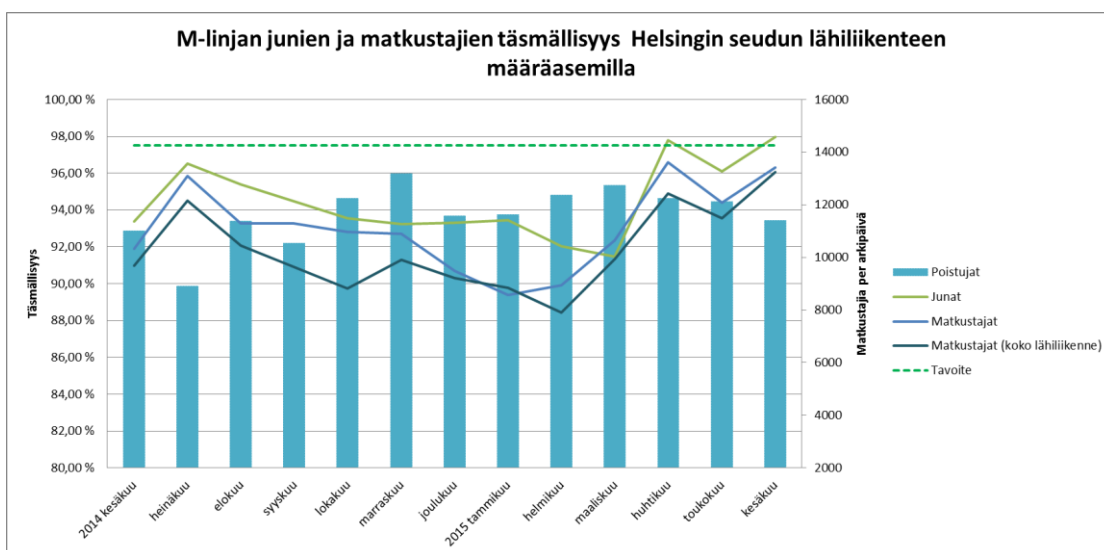
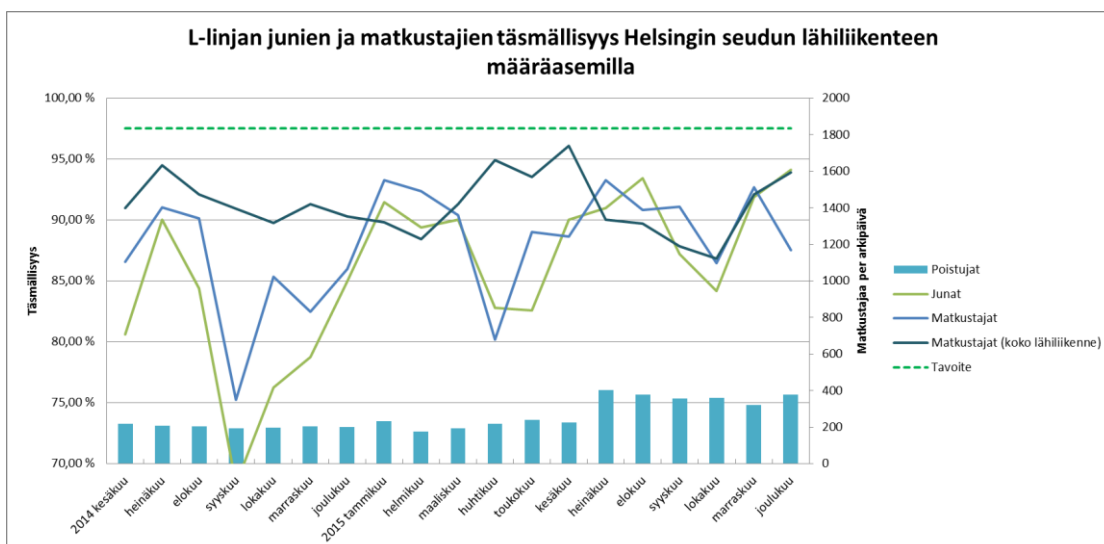
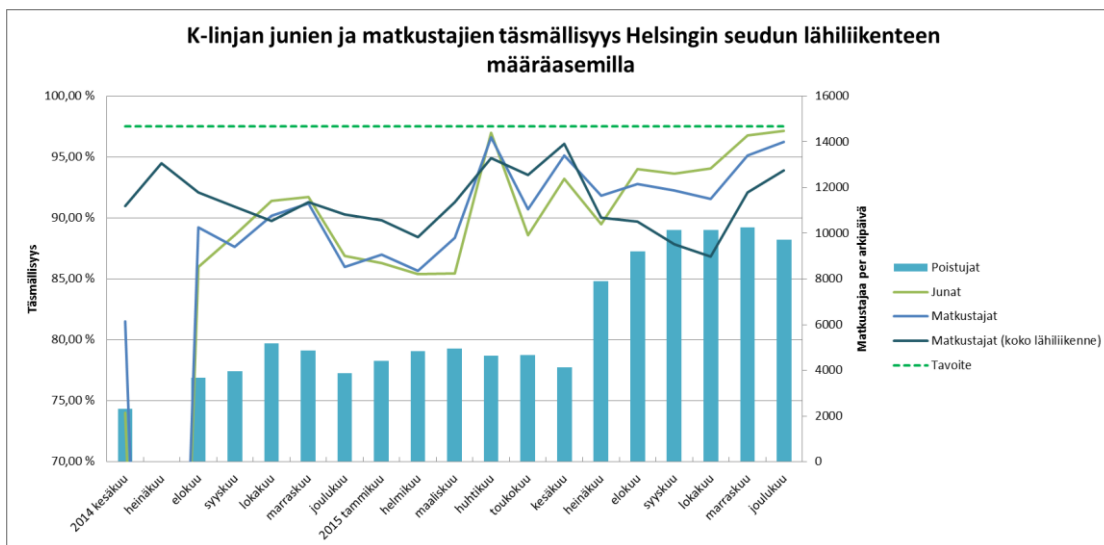
Wolters, G. J. 2016. Passenger punctuality – An analysis of the method of calculation and describing models. Master's thesis. Delft University of Technology. The Netherlands. 150 p.

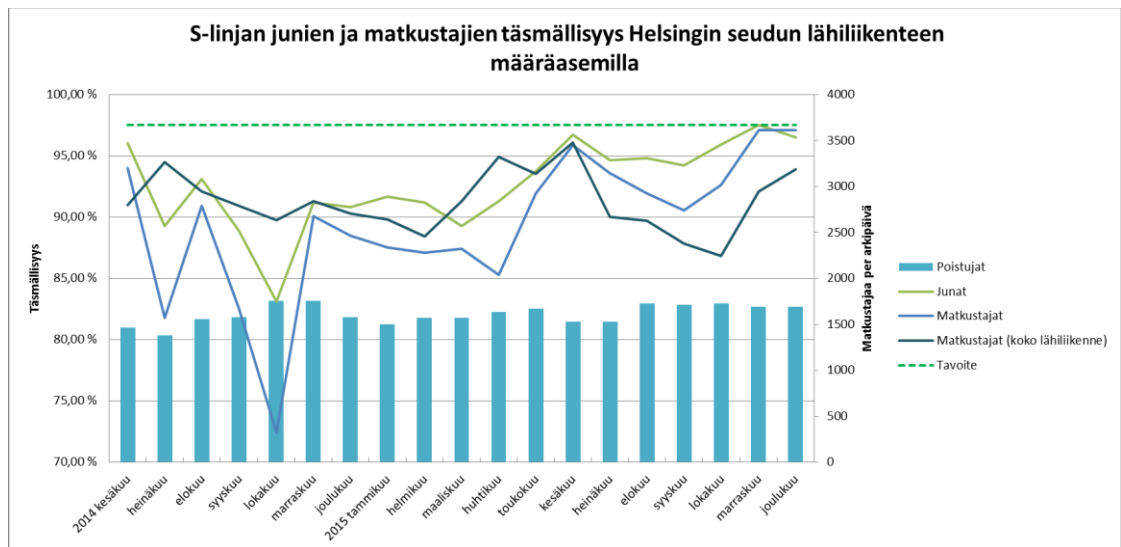
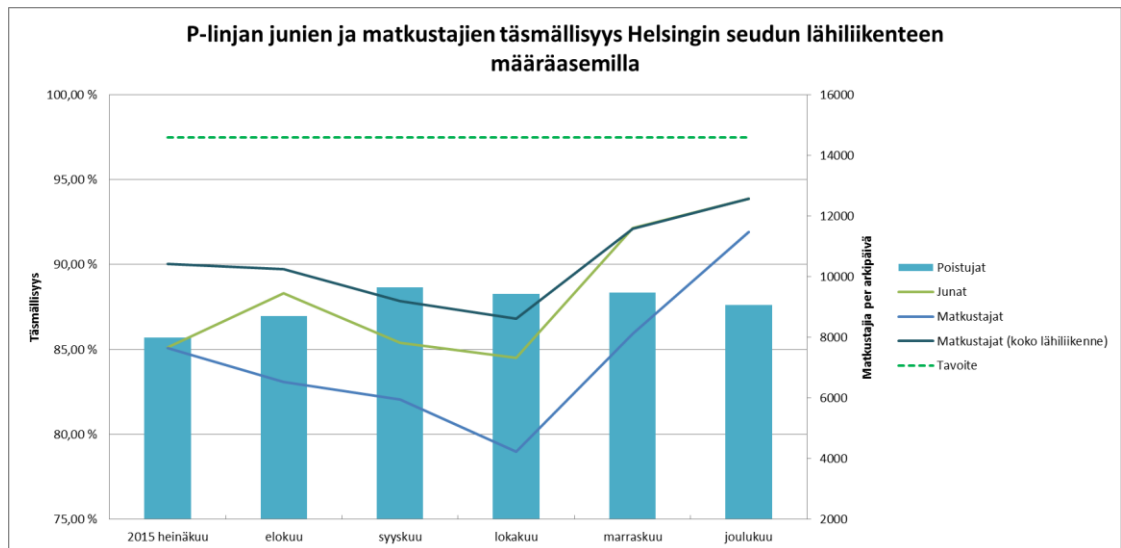
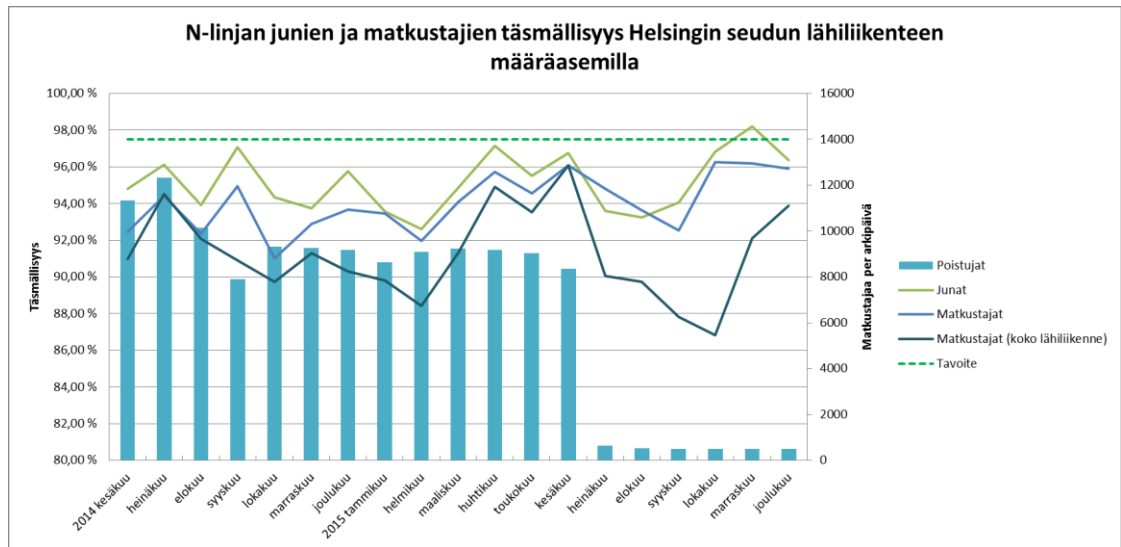
Yuan, J., Goverde, R. & Hansen, I. 2002. Propagation of train delays in stations. Computers in railways VIII. Allan, J., Hill, R., Brebbia, C., Sciutto, G., Sone, S. WIT Press. 1200 p.

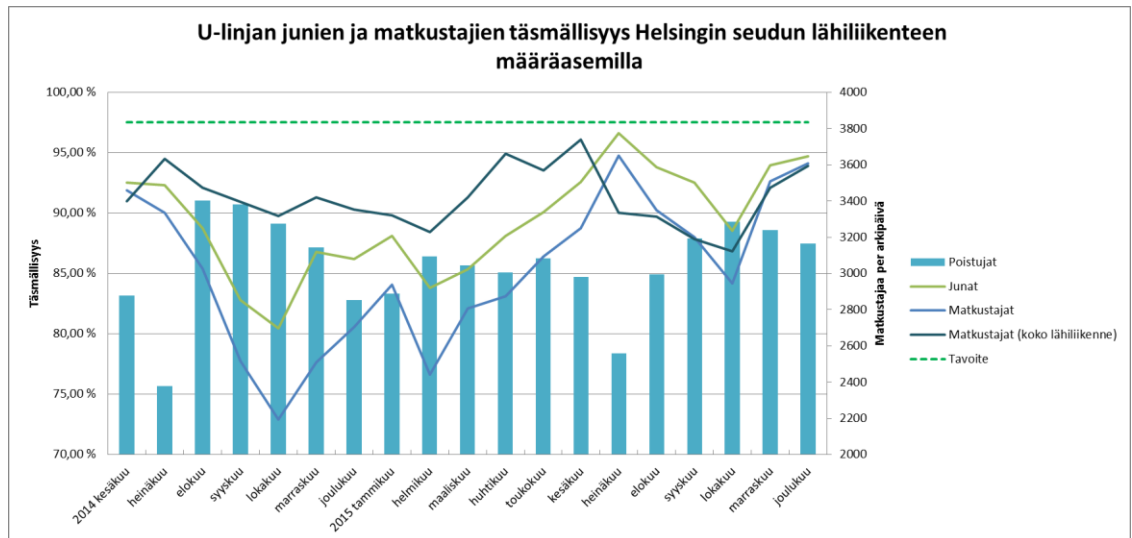
LIITE 1: HELSINGIN SEUDUN LÄHILIIKENTEN JUNIEN JA MATKUSTAJIEN TÄSMÄLLISYYS LINJOITTAIN



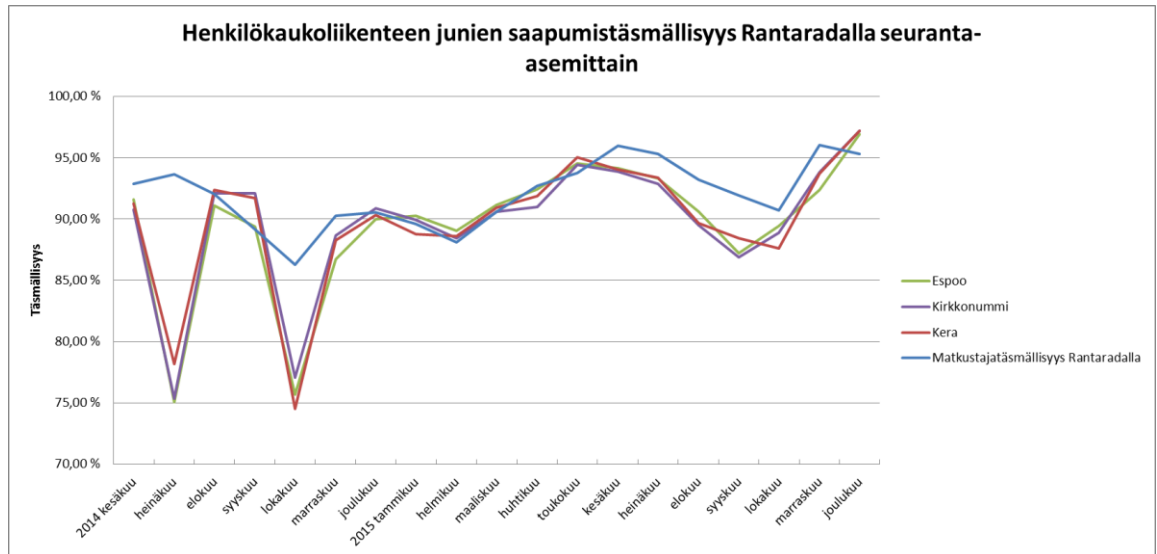
Huom! I- ja K-linjojen osalta vuoden 2014 heinäkuun matkustajamäärätietoja ja junien kulkutietoja ei ole saatavilla.



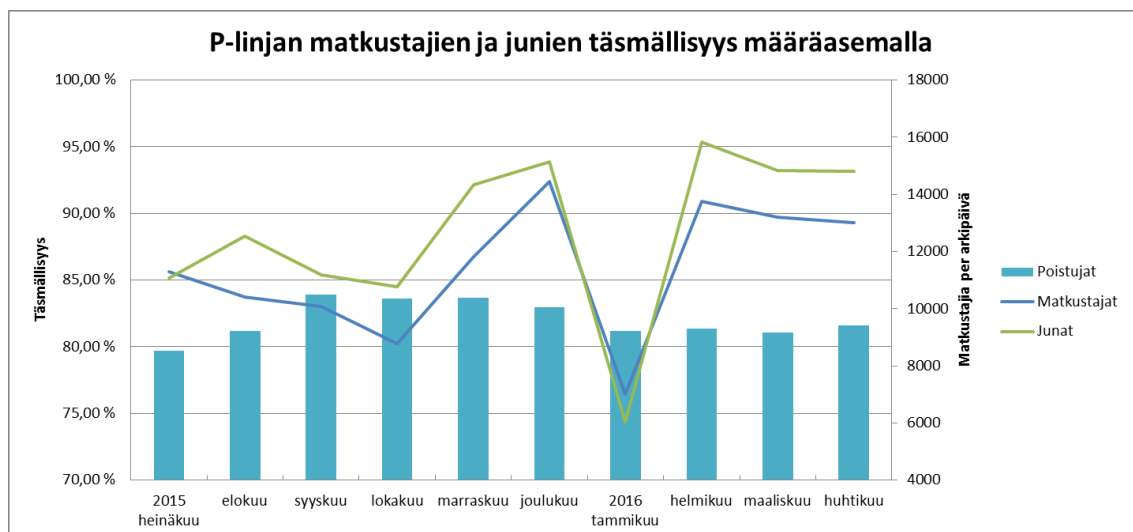
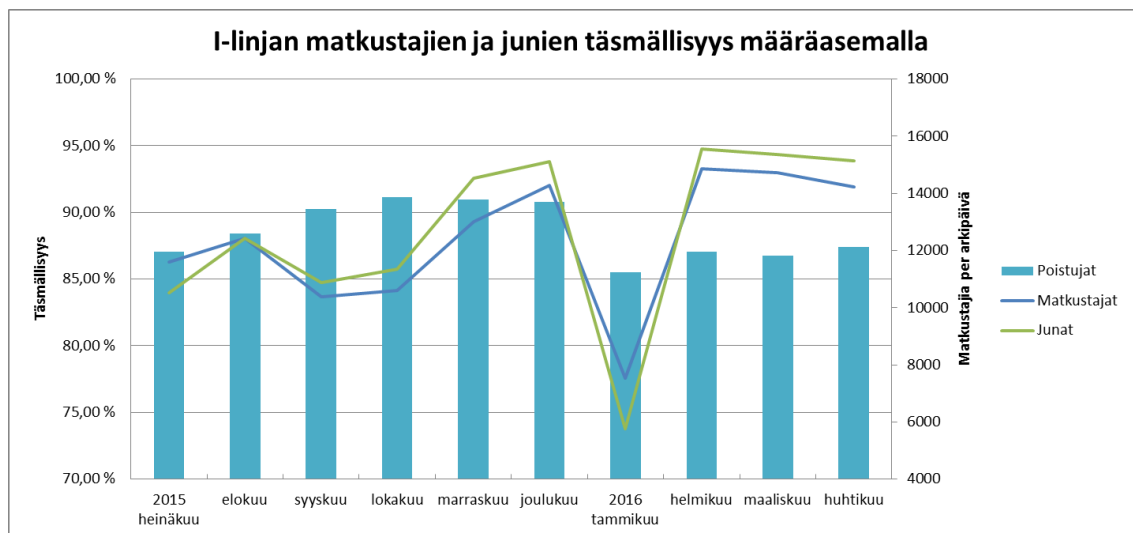
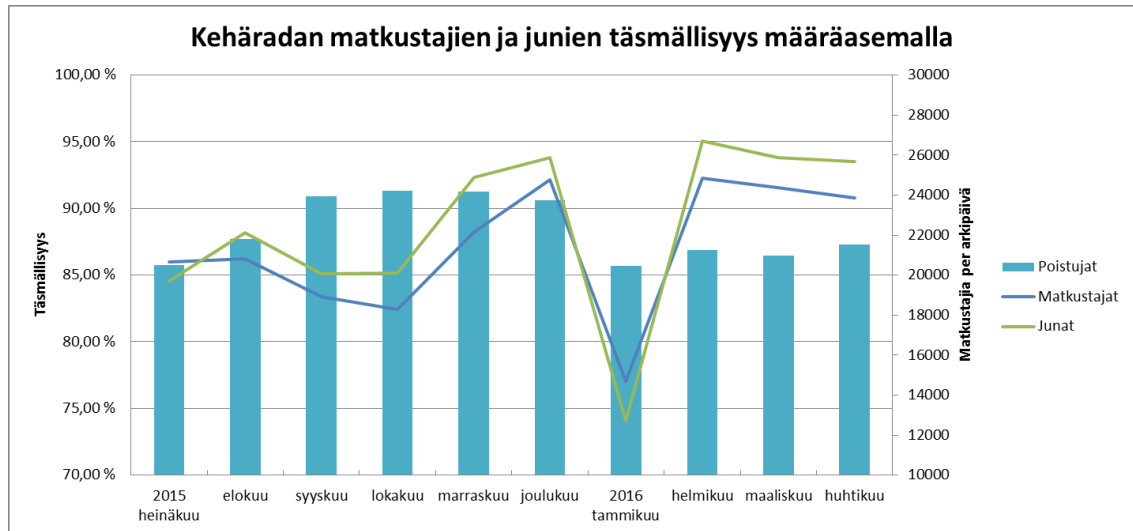




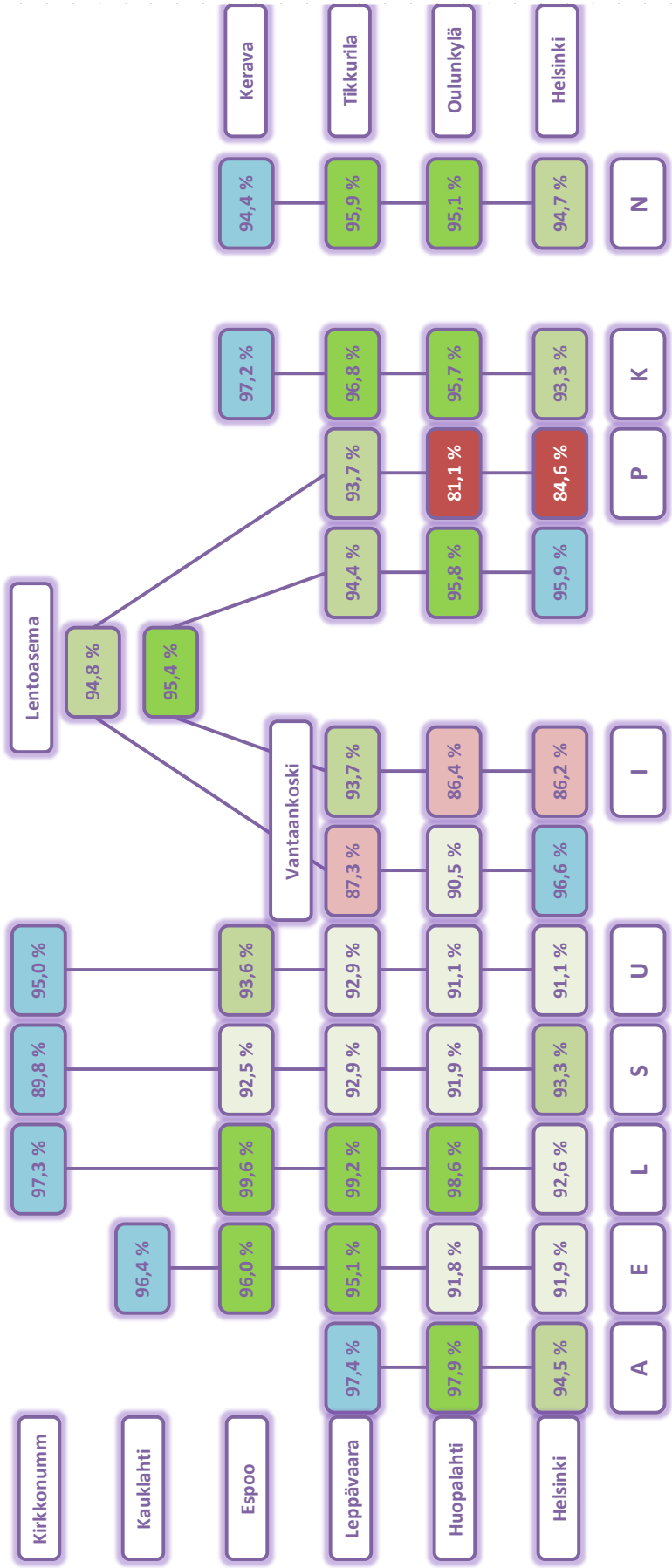
LIITE 2: HENKILÖKAUKOLIIKENTEN JUNIEN SAAPUMISTÄSMÄLLISYYS RANTARADALLA SEURANTA-ASEMITTAIN



LIITE 3: KEHÄRADAN MATKUSTAJATÄSMÄLLISYYDEN KEHITYS AIKAVÄLILLÄ HEINÄKUU 2015-HUHTIKUU 2016



Seuranta-asemien matkustajätasällisyys Helsingin suuntaan Helsingin seudun lähiliikenteessä (heinäkuu 2015-joulukuu 2015)



Täsmällisyys yli 95 %

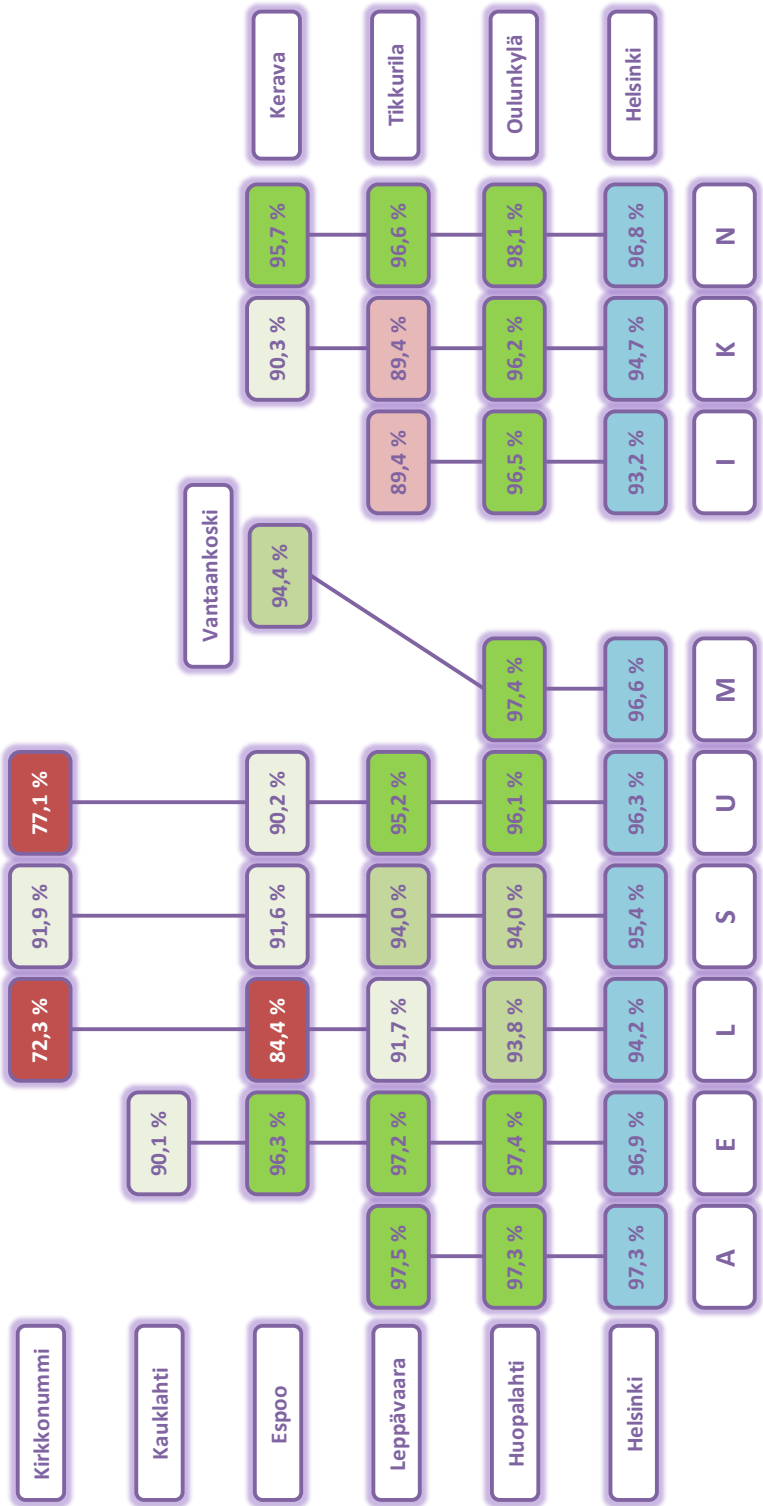
yli 93 %

yli 90 %

85-89,9 %

Alle 85 %

Seuranta-asemien matkustajätasällisyys Helsingin suunnalta Helsingin seudun lähiliikenteessä (kesäkuu 2014-kesäkuu 2015)



Täsmällisyys yli 95 % yli 93 %

yli 90 %

85-89,9 %

Alle 85 %

Junien lähtötasällisyys lähtöasemalla

